СФЕРЫ

А.А. Журин

ХИМИЯ

ХИМИЯ

8

А. А. Журин

ХИМИЯ

8 класс

Учебник

Допущено
Министерством просвещения
Российской Федерации

7-е издание, стереотипное

Москва
«Просвещение»
2022

УДК 373.167.1:54+54(075.3)
ББК 24я721
Ж91

Серия «Сферы» основана в 2003 году

Линия учебно-методических комплексов «Сферы» по химии

На учебник получены **положительные** заключения **научной** (заключение РАО № 499 от 28.11.2016 г.), **педагогической** (заключение РАО № 188 от 05.10.2016 г.) и **общественной** (заключение РКС № 138-ОЭ от 19.12.2016 г.) экспертиз.

Издание выходит в pdf-формате.

Журин, Алексей Анатольевич.
Ж91 Химия : 8-й класс : учебник : издание в pdf-формате / А.А. Журин. — 7-е изд., стер. — Москва : Просвещение, 2022. — 127, [1] с. : ил. — (Сферы).
ISBN 978-5-09-101378-8 (электр. изд.). — Текст : электронный.
ISBN 978-5-09-095128-9 (печ. изд.).

Данный учебник открывает линию учебно-методических комплексов «Сферы» по химии. Издание подготовлено в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования и освещает вопросы курса химии для основной школы. Материал учебника направлен на формирование у учащихся первых научных представлений о веществах, их превращениях и практическом применении и основан на достижениях химической науки как области современного естествознания.

Главными особенностями данного учебника являются фиксированный в тематических разворотах формат, лаконичность и жёсткая структурированность текста, разнообразный иллюстративный ряд.

УДК 373.167.1:54+54(075.3)
ББК 24я721

ISBN 978-5-09-101378-8 (электр. изд.)
ISBN 978-5-09-095128-9 (печ. изд.)

© АО «Издательство «Просвещение», 2014
© Художественное оформление.
АО «Издательство «Просвещение», 2014, 2019
Все права защищены

СОДЕРЖАНИЕ

Работаем с учебником 5
Правила безопасного поведения в кабинете химии 7

Глава I. ВВЕДЕНИЕ В ХИМИЮ

1. Что изучает химия 10
2. Химическая лаборатория 12
3. Чистые вещества и смеси 14
4. Превращения веществ 16
5. Химический элемент 18
6. Химические формулы 20
7. Простые и сложные вещества 22
8. Массовая доля химического элемента в сложном веществе 24
9. Валентность 26
10. Химические уравнения 28
11. Атомно-молекулярное учение в химии 30
Подведём итоги 32

Глава II. ВАЖНЕЙШИЕ КЛАССЫ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

12. Простые вещества: металлы и неметаллы 34
13. Кислород 36
14. Химические свойства кислорода 38
15. Оксиды 40
16. Водород 42
17. Химические свойства водорода 44
18. Оксид водорода — вода 46
19. Взаимодействие воды с металлами 48
20. Взаимодействие воды с оксидами металлов 50
21. Взаимодействие воды с оксидами неметаллов 52
22. Состав кислот. Соли 54
23. Свойства кислот 56
24. Свойства оснований 58
25. Свойства амфотерных гидроксидов 60
26. Генетический ряд типичного металла 62
27. Генетический ряд типичного неметалла 64
Подведём итоги 66

Глава III. СТРОЕНИЕ АТОМА И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ СВОЙСТВ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

28. Первоначальные представления о строении атома 68
29. Электронные оболочки атома 70
30. Закономерность изменений в строении электронных оболочек атома 72
31. Классификация химических элементов..... 74
32. Периоды 76

33. Группы 78
34. Периодический закон 80
35. Предсказание свойств химических элементов и их соединений на основе периодического закона 82
36. Научный подвиг Д.И. Менделеева 84
Подведём итоги 86

Глава IV. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ОТНОШЕНИЯ В ХИМИИ

37. Количество вещества 88
38. Молярная масса 90
39. Расчёты по уравнениям химических реакций 92
40. Молярный объём. Закон Авогадро 94
41. Расчёты по уравнениям химических реакций 96
42. Объёмные отношения газов при химических реакциях 98
Подведём итоги 100

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

43. Предмет химической науки 102
44. Методы научного познания в химии 104
45. Источники химической информации 106
Подведём итоги 108

Приложение 109

РАБОТАЕМ С УЧЕБНИКОМ

Дорогие восьмиклассники!

Каждый год миллионы ваших ровесников впервые открывают двери самого загадочного школьного кабинета, за которым что-то непривычно пахнет, иногда что-то взрывается... На этот раз двери загадочного кабинета распахнулись и перед вами. Что там вас ждёт?

Там вас ждёт ХИМИЯ — наука, которая поможет, если вы того пожелаете, найти ответы на многие вопросы, например: «Что будет, если к чему-нибудь прилить что-то, потом досыпать ещё чего-нибудь, перемешать и поджечь?»

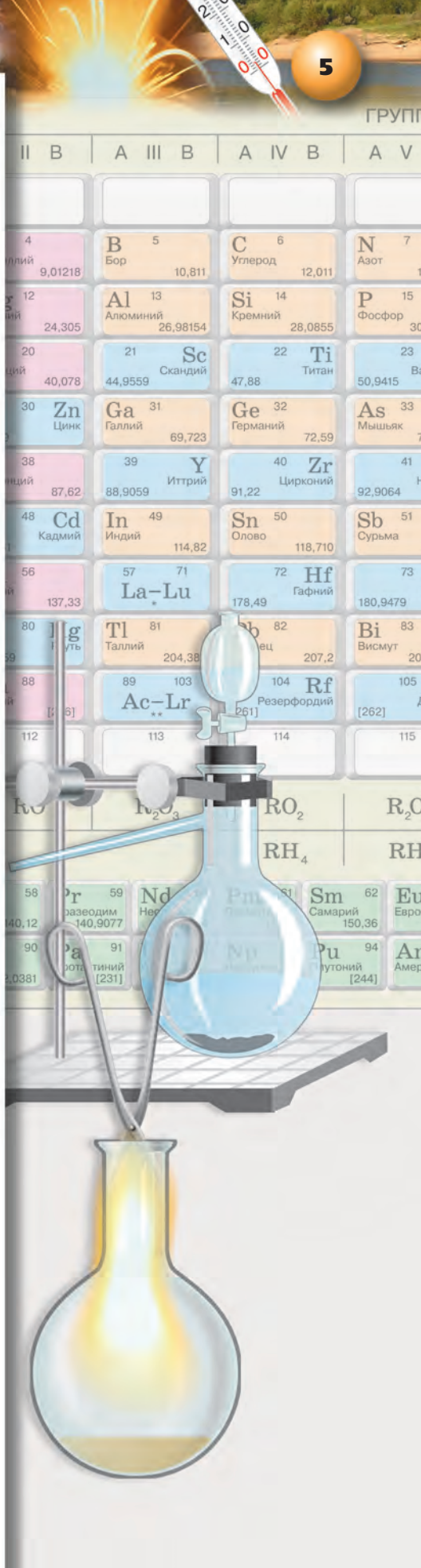
У некоторых людей сложилось убеждение, что химия — это что-то недоступное пониманию обычного человека. Более того, существует мнение, что химия — это наука, которая «плохо пахнет и хорошо забывается». Конечно, далеко не все вещества, с которыми вам предстоит познакомиться, обладают приятным тонким запахом, и знания, которые длительное время не используются, действительно выветриваются из памяти. Но то, что химия — самая трудная и непонятная наука, — это неправда.

Каждая наука говорит на своём языке, и язык химической науки, конечно, труднее русского языка, но не настолько, чтобы его нельзя было выучить. Если вы приложите усилия к изучению основ языка химии в начале 8 класса, дальнейшее освоение химии будет для вас не только лёгким, но и увлекательным делом. Ведь химия на удивление логичная наука, в которой каждое последующее теоретическое утверждение легко выводится путём рассуждений из предыдущего.

Учебник, который вы сейчас держите в руках, содержит минимум учебной информации, который определён Федеральным государственным образовательным стандартом. Это значит, что вам необходимо освоить все знания, изложенные в этом учебнике, чтобы успешно подготовиться к Государственной итоговой аттестации в конце 9 класса.

Учебник построен так, чтобы максимально облегчить усвоение нового материала. Перед каждой из его четырёх глав имеется рубрика **«Коротко о главном»**, отражающая суть основного содержания данной главы.

Главы разделены на параграфы. Каждый из них начинается с вводных рубрик **«Вы узнаете»**, **«Вспомните»** и вступительного текста, выражающего его главную идею. Рубрика **«Вы узнаете»** познакомит вас с основными вопросами, которые предстоит изучить. Рубрика **«Вспомните»** подскажет, что нужно вспомнить из ранее пройденного материала, чтобы легче усвоить новый.



В ФОКУСЕ

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Химический блокнот

ХИМИЯ И ЖИЗНЬ

Глубже понять изучаемый материал вам помогут разные рубрики, которые сопровождают основной текст параграфа.

Рубрика **«В фокусе»** обратит ваше внимание на важные положения.

Рядом с текстом учебника вы встретите ссылки в виде стрелок с буквой **«П»**. Они показывают, что изучение данного материала сопровождается выполнением практических работ или лабораторных опытов, содержащихся в тетради-практикуме.

Краткие описания лабораторных опытов, а также задания для самостоятельных экспериментов в домашних условиях вы найдёте в рубрике **«Мои химические исследования»**.

Рубрика **«Химический блокнот»** содержит дополнительную информацию об изучаемых веществах и явлениях.

Рубрика **«Химия и жизнь»** расскажет вам, как знания, полученные на уроках химии, применяются в повседневной жизни.

Завершают каждый разворот **«Вопросы и задания»**, ответив на которые вы определите, насколько хорошо усвоили новый материал.

В конце каждой главы представлена рубрика **«Подведём итоги»**, которая содержит обобщение изученного материала, а предложенные **«Вопросы для обсуждения»** могут послужить основой для научной дискуссии или исследовательского проекта.

Завершает учебник **приложение**, которое содержит различный справочный материал.

Учебник — главное, но вовсе не единственное средство вашего учебного труда. Найти дополнительную информацию, ещё раз проделать в интерактивном режиме опыты, которые вы видели на уроках или проводили самостоятельно, поможет электронное приложение.

Учебник дополняют также тетрадь-тренажёр, тетрадь-практикум, тетрадь-экзаменатор, составляющие единый учебный комплекс, который поможет вам качественно усвоить материал.

ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОГО ПОВЕДЕНИЯ В КАБИНЕТЕ ХИМИИ

Работа с веществами и специальным химическим оборудованием таит в себе опасность получения травмы и нанесения значительного ущерба здоровью. В результате необдуманных действий радость познания может смениться длительным и тяжёлым лечением. Однако при неукоснительном соблюдении правил безопасного поведения никаких неприятностей с вами не произойдёт даже при выполнении опытов, которые сопровождаются взрывами.

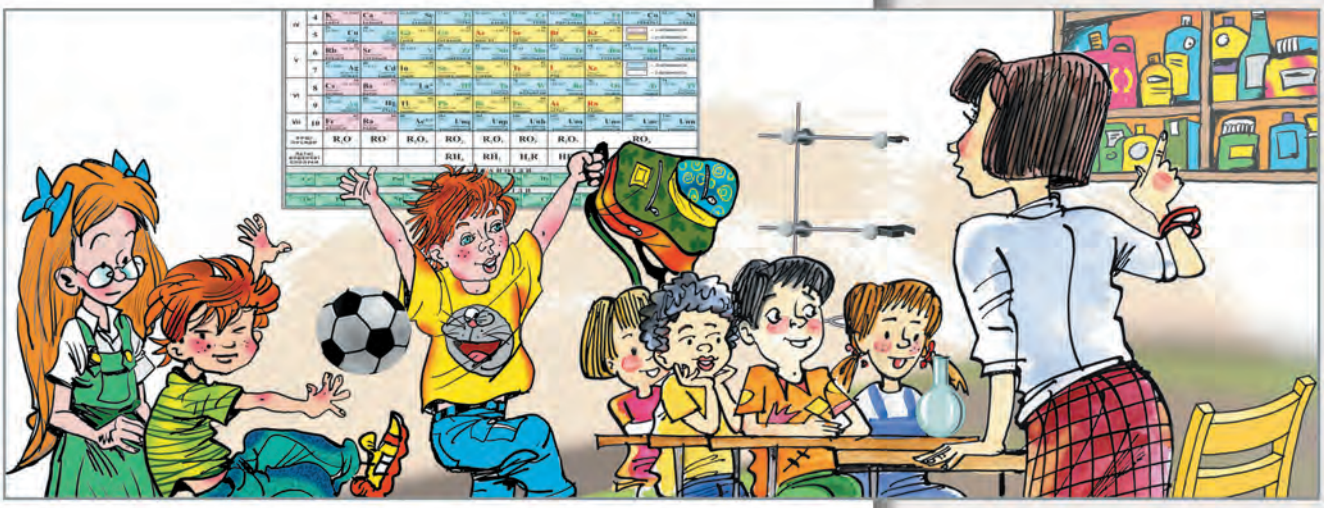
Правила безопасности — это результат обобщения многовекового опыта общения человека с веществами, в том числе и трагического опыта. Поэтому не нужно рассматривать эти правила как пустую выдумку с надеждой на то, что «со мной-то никогда ничего не случится».

На столах в кабинете химии всегда находится какое-нибудь оборудование и разнообразные вещества (реактивы). Пользоваться ими можно только под руководством учителя. Отсюда

ПРАВИЛО № 1. В кабинете химии нельзя ничего трогать без разрешения учителя или лаборанта.

Работа с веществами требует максимума внимания и сосредоточенности. Громкий звук, резкое движение отвлекают внимание, что может привести к получению травмы. Поэтому

ПРАВИЛО № 2. В кабинете химии нельзя шуметь, бегать по кабинету, устраивать игры.



Практически все вещества, имеющиеся в кабинете химии, оказывают вредное воздействие на организм человека при попадании на кожу или внутрь. Этим обусловлено

ПРАВИЛО № 3. В кабинете химии нельзя принимать пищу, пить, а также пробовать вещества на вкус, низко наклоняться над сосудами, в которых они находятся.

В результате превращений веществ во время проведения опытов в воздух иногда выделяются вредные для здоровья пары и газы. Даже если вы не проводили никаких химических экспериментов, такие вещества могут попасть в воздух из-за плохо закрытых склянок и банок с реактивами. Следовательно,

ПРАВИЛО № 4. В кабинете химии нельзя находиться во время перемены, чтобы учитель и лаборант могли его хорошо проветрить.

Крайне редко в кабинете химии возникают чрезвычайные ситуации, когда необходимо быстро покинуть помещение. Это будет возможным только в том случае, если вы всегда будете выполнять

ПРАВИЛО № 5. Категорически запрещается складывать в проходах между столами портфели, сумки, рюкзаки и другие вещи.

Это основные правила, которые должны выполняться на каждом уроке. Специальные правила работы с веществами и лабораторным оборудованием вы найдёте в тетради-практикуме.

Желаем вам успеха!

ГЛАВА I

ВВЕДЕНИЕ В ХИМИЮ

- ЧТО ИЗУЧАЕТ ХИМИЯ
- ХИМИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
- ЧИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА И СМЕСИ
- ПРЕВРАЩЕНИЯ ВЕЩЕСТВ
- ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ
- ХИМИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ
- ПРОСТЫЕ И СЛОЖНЫЕ ВЕЩЕСТВА
- МАССОВАЯ ДОЛЯ ХИМИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА В СЛОЖНОМ ВЕЩЕСТВЕ
- ВАЛЕНТНОСТЬ
- ХИМИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ
- АТОМНО-МОЛЕКУЛЯРНОЕ УЧЕНИЕ В ХИМИИ

КОРОТКО О ГЛАВНОМ

Страх суеверный, однако же,
смертных настолько объемлет,
Что и в вещах, наблюдаемых
на земле и на небе,
Многое соизволением богов
объяснять они склонны,
Главной причины явлений
добиться никак не умея.

Тит Лукреций Кар

1 ЧТО ИЗУЧАЕТ ХИМИЯ

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Что изучает химия.
- Как химия связана с другими естественными науками.
- В чём заключается основной метод химии.

ВСПОМНИТЕ:

- Какие явления изучает биология?
- Какие явления изучает физика?
- С какими видами материи вы познакомились на уроках физики?

Окружающий нас мир изучают разные науки. В зависимости от того, на какие грани мира направлено внимание исследователя, различают естественные и гуманитарные науки. Естественные науки изучают внешние по отношению к человеку объекты и явления, гуманитарные — человека в сфере его умственной, нравственной и общественной деятельности.

ПРЕДМЕТ ХИМИИ Химия — одна из наук о природе. Когда-то науку о природе называли естествознанием, а людей, которые пытались познать тайны мироздания, — естествоиспытателями. По мере накопления знаний об окружающем мире учёные стали отдавать предпочтение изучению каких-либо отдельных его сторон. Для одних естествоиспытателей наибольший интерес представляли живые существа, и эти учёные заложили основы науки биологии. Других больше привлекали тайны движения тел, загадочные свойства электричества, строения вещества. Сейчас эти стороны природы изучают физики. Многие естествоиспытатели прокладывали морские пути в сказочно богатые Индию и Китай и, двигаясь на запад, а не на восток, открывали для своих монархов новые земли. Описания путешествий положили начало физической географии.

Среди естествоиспытателей Средневековья было много людей, которые все свои силы отдавали нахождению способов превращения неблагородных металлов (железа, меди, ртути и т.п.) в благородные, прежде всего в золото. Как они думали, для этого нужно иметь удивительное вещество, которое имело разные названия: философский камень, квинтэссенция (лат. *quinta essentia* — пятая сущность), эликсир мудрецов... Попытки получить философский камень оказались бесплодными, но они способствовали изучению и описанию свойств многих веществ, например нашатыря, поваренной соли, поташа, воды, и условий их превращения в другие вещества.

1.1. Естественные науки

Накопленные знания легли в основу науки о веществах и их взаимных превращениях, которую мы теперь называем **химией**. Таким образом, **предметом химии** является изучение состава, строения и свойств веществ, способов их получения и безопасного использования.

СВЯЗЬ ХИМИИ С ДРУГИМИ ЕСТЕСТВЕННЫМИ НАУКАМИ

Разделение естествознания на отдельные науки не разорвало связей между ними. И дело не только в том, что биология, физика и химия изучают разные стороны одного и того же объекта — окружающего нас материального мира. Без физических знаний нельзя объяснить, почему вещества превращаются друг в друга. Знания, которые накопила химическая наука, необходимы для понимания процессов, протекающих в живых организмах.

Существует множество явлений, которые биология, физика и химия по отдельности объяснить не могут, и сейчас интенсивно развиваются такие науки, как биофизика и биохимия, физическая химия и химическая физика.

Так же как и другие науки о природе (физика, биология, физическая география и др.), химия возникла в результате «распада» естествознания на более специализированные науки, каждая из которых стала изучать отдельные стороны единого мира.

ОСНОВНОЙ МЕТОД ХИМИИ

Знания о превращениях веществ друг в друга накапливались в результате многовековых наблюдений за изменениями, которые происходили при смешивании веществ, их нагревании, растворении и т.д.

1.2. Научное наблюдение

Научное наблюдение отличается от обыденного тем, что оно всегда имеет определённую цель. Цель научного наблюдения всегда состоит в поиске ответа на вопрос, на который никто ответить не может. Вопросы, для ответов на которые в науке пока нет необходимых знаний, называют **научными проблемами**. Следовательно, целью научного наблюдения является решение научных проблем.

Особенностью научного наблюдения, отличающегося от обыденного, является его направленность на сбор максимальной информации об изучаемом объекте или явлении. Научные наблюдения требуют создания специальных условий. О некоторых из них вы узнаете на следующем уроке.

Прежде всего и внимательней всего изучайте химию! Это изумительная наука, знаете! <...> Её зоркий, смелый взгляд проникает и в огненную массу солнца, и во тьму земной коры, в невидимые частицы вашего сердца, в тайны строения камня и в безмолвную жизнь дерева. Она смотрит всюду и, везде открывая гармонию, упорно ищет начала жизни. И она найдёт его, она найдёт! Изучая тайны строения материи, она создаст в стеклянной колбе живое вещество...

М. Горький

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Что изучает химия?
- Как химия связана с другими естественными науками?
- Объясните, в чём заключается основной метод химии.

2 ХИМИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Какой бывает опыт.
- Что необходимо для проведения научного опыта.
- Как правильно спланировать и провести эксперимент.

ВСПОМНИТЕ:

- Правила безопасной работы в кабинете биологии, физики.
- Устройство лабораторного штатива.

Знания, накопленные человечеством о веществах и их превращениях, базируются на наблюдениях за ними. Однако для изучения свойств веществ часто бывает недостаточно простого наблюдения. Поэтому научное целенаправленное наблюдение, как правило, связано с постановкой опытов. На уроках химии это химические опыты.

ОПЫТ Слово «опыт» имеет несколько значений. В быту под этим словом обычно понимают жизненный опыт, т.е. то, что уже было, с чем мы уже встречались, что умеем делать.

Научный опыт, или эксперимент, проводят для того, чтобы:

1) изучить новый объект или новое явление;

2) воспроизвести известное явление в определённых условиях.

Научные эксперименты (опыты) — важнейший метод химической науки.
Эксперимент — воспроизведение какого-либо явления, наблюдение нового явления в определённых условиях с целью изучения, исследования, попытка осуществить что-либо.

Наблюдения за превращениями веществ в ходе химического эксперимента служат источником выявления новых фактов о свойствах веществ.

В настоящее время появилась возможность исследовать сложные химические процессы с помощью компьютерного эксперимента, позволяющего рассчитывать оптимальные способы получения веществ с определёнными свойствами.

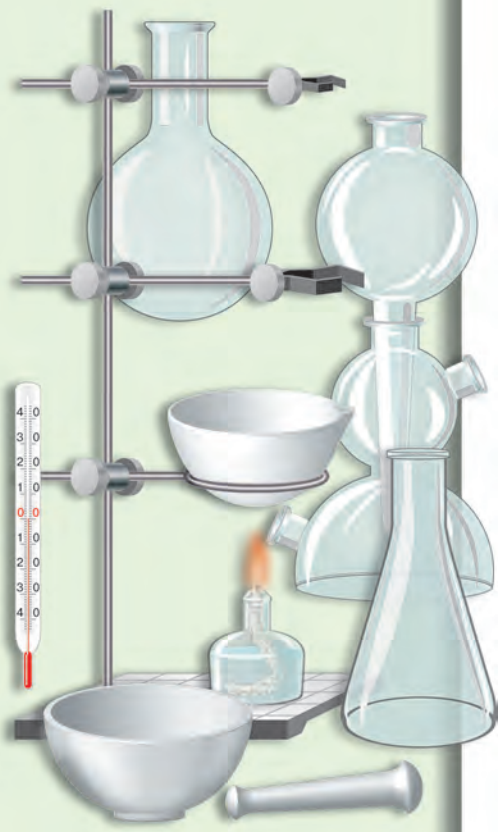
ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ Для проведения химических экспериментов необходимо специальное оборудование. С некоторыми предметами лабораторного оборудования вы уже встречались на уроках биологии и физики.

Каждый предмет лабораторного оборудования служит, как правило, одной цели. Так, ступка с пестиком используется только для измельчения твёрдых веществ, а для выпаривания растворов ступку использовать нельзя. Выпаривание проводят в специальных фарфоровых чашах для выпаривания.

Многие предметы лабораторного оборудования были изобретены алхимиками, но за долгие годы они значительно изменились и стали более удобными и безопасными в использовании.

Часто предметы лабораторного оборудования носят имена своих создателей. Голландский аптекарь Кипп

1.3. Некоторые предметы лабораторного оборудования



Эрленмейер впервые использовал колбу конической формы, и теперь такие колбы называют колбами Эрленмейера.

придумал аппарат для получения и хранения газов, который называют аппаратом Киппа. Советский учёный Д.М. Кирюшкин упростил аппарат Киппа, приспособив его для лабораторных опытов в школе. Возможно, что водород и углекислый газ вы будете получать с помощью прибора Кирюшкина.

Для проведения экспериментов отводят специальные помещения, где размещается необходимое оборудование. Такие помещения называют лабораториями (лат. *laborare* — работать).

1.5. Прибор Кирюшкина

1.4. Химическая лаборатория

ПЛАНИРОВАНИЕ И ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА Успех или неудача эксперимента часто определяются тем, насколько он был тщательно спланирован и аккуратно проведён.

План эксперимента — это последовательность действий, которые нужно совершить при его проведении. Составление плана представляет собой первое действие в работе экспериментатора.

Аккуратность проведения эксперимента — это не только чёткое следование заранее составленному плану, но и правильное выполнение отдельных операций. Некоторые правила вам могут показаться странными или даже смешными, но они результат неудачного опыта общения людей с различными веществами. Общие правила безопасной работы в химической лаборатории вы найдёте на первых страницах тетради-практикума, а конкретные рекомендации по безопасному выполнению отдельных лабораторных опытов и практических занятий — непосредственно перед их описанием.

Несоблюдение правил безопасной работы при работе с веществами как в школьном кабинете химии, так и дома может привести к травмам, чаще всего к ожогам. Если вы обожглись огнём или раскалённым предметом, никогда не используйте для лечения масло и жир — это только усугубит состояние. Промойте обожжённую поверхность холодной водой или обработайте спиртосодержащим раствором, наложите стерильную повязку и обязательно обратитесь к врачу.

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Знакомство с простейшим оборудованием химической лаборатории.

«ПОМОЩНИК»

- Рассмотрите лабораторное оборудование, которое находится на вашем столе.
- Сделайте схематические рисунки предметов лабораторного оборудования и укажите, для проведения каких операций используется каждый из них.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Объясните, чем научный опыт отличается от опыта житейского.
- Что необходимо иметь для проведения научного опыта?
- В чём заключается планирование эксперимента?

3 ЧИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА И СМЕСИ

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Чем чистые вещества отличаются от смесей.
- Какие бывают смеси веществ.
- Как из смеси выделить её компоненты.

ВСПОМНИТЕ:

- Какими частицами образовано вещество?

Любое вещество обладает строго определёнными свойствами, отличающими его от другого вещества. Но жизненный опыт часто противоречит этому утверждению: столовый уксус не похож на яблочный, а сахарный песок, полученный из свёклы, отличается от тростникового. Дело в том, что приведённое утверждение справедливо только для чистых веществ.

ЧИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА Бытовые представления о чистоте вещества очень часто расходятся с научной точкой зрения. Например, мы говорим: «Сегодня в море очень чистая вода», рассматривая морских обитателей через слой прозрачной воды. Однако в этой воде растворено много разных веществ, в чём легко убедиться, выпарив морскую воду.

В науке чистыми называют вещества, образованные только одинаковыми частицами, которыми могут быть атомы, молекулы, ионы. Такие вещества обладают постоянными свойствами: плавятся и кипят при одной и той же (для данного вещества) температуре, имеют одну и ту же плотность и т.д.

СМЕСИ В природе чистые вещества никогда не встречаются. Любое, даже самое чистое вещество обязательно содержит в себе примеси других веществ.

Воздух — это смесь множества веществ: азота, кислорода, углекислого газа, паров воды и некоторых других веществ. Такой воздух мы называем чистым. Если же в нём появляются другие вещества, увеличивается доля углекислого газа, уменьшается содержание паров воды, то люди начинают испытывать дискомфорт. Такие явления часто происходят на территории нашей страны жарким, засушливым летом.

Смеси можно разделить на две большие группы. Первую группу образуют смеси, в которых невозможно даже с помощью очень сильного микроскопа различить их составные части. Такие смеси называют **гомогенными**. К ним относят морскую воду, воздух.

В смесях второй группы составные части можно рассмотреть. В одних случаях компоненты различимы невооружённым глазом (гранит, смесь для борьбы с гололёдом на дорогах), в других (молоко, тушь) — с помощью увеличительных приборов. Такие смеси называют **гетерогенными**.

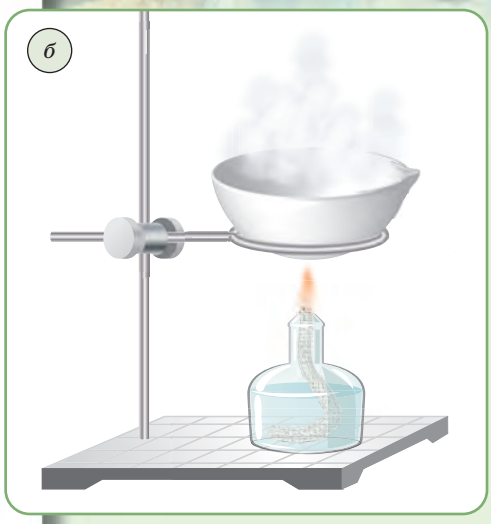
Существенное отличие смесей от чистых веществ состоит в том, что их свойства зависят от состава смесей: солёная морская вода замерзает при более низкой температуре, чем чистая (дистиллированная) вода. При этом каждый из компонентов смеси сохраняет в ней свои свойства.

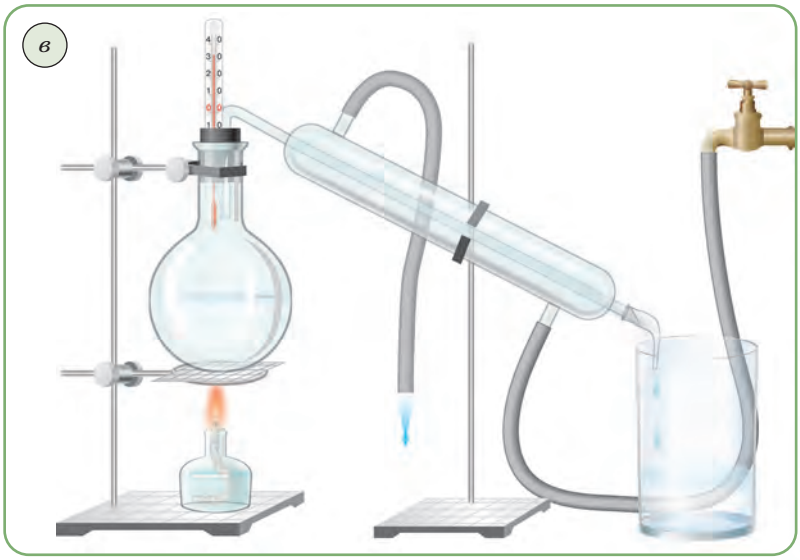
РАЗДЕЛЕНИЕ СМЕСЕЙ В любой смеси её компоненты сохраняют свои свойства. Это позволяет выделять из смесей чистые вещества. Для разделения смесей используют следующие основные методы.

Фильтрование используется для разделения гетерогенных смесей жидкостей с крупными частицами твёрдых веществ.

Выпаривание используется для разделения гомогенных смесей жидкостей с твёрдыми веществами.

Перегонка используется для разделения гомогенных смесей жидкостей с разными температурами кипения.





***1.6.** Методы разделения смесей: а) фильтрование; б) выпаривание; в) перегонка*

Последовательность действий при разделении смесей базируется на знании свойств отдельных компонентов и зависит от поставленной цели.

Нефть — это гомогенная смесь жидких веществ с разной температурой кипения, в которой растворены твёрдые вещества. На нефтеперерабатывающих заводах нефть нагревают, затем она попадает в специальные аппараты — ректификационные колонны. Они устроены так, что на разной высоте поддерживается разная температура: чем выше, тем холоднее. В результате вещества распределяются по высоте колонны в соответствии с их температурами кипения. Так в промышленности получают бензин, керосин, дизельное топливо, смазочные масла, мазут, парафин, гудрон.

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Домашний эксперимент.

«ПОМОЩНИК»

- Приготовьте три одинаковых стакана.
- В один налейте холодную водопроводную воду и поставьте на 30 мин в холодильник.
- Вынув стакан с водой из холодильника, налейте в два других холодную и тёплую водопроводную воду.
- С помощью часов отмечайте время появления пузырьков на стенках стаканов.
- Сделайте выводы из эксперимента.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Чем чистые вещества отличаются от смесей веществ?
- Какие бывают смеси веществ? Приведите примеры.
- На чём основано выделение из смеси её компонентов?

4 ПРЕВРАЩЕНИЯ ВЕЩЕСТВ

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Какие бывают превращения веществ.
- Чем химические реакции отличаются от физических явлений.
- Каковы признаки химических реакций.

ВСПОМНИТЕ:

- С какими физическими явлениями вы познакомились на уроках физики?
- Что такое агрегатное состояние вещества?
- Как перевести вещество из одного агрегатного состояния в другое?
- Какие частицы вещества называют атомами и молекулами?

Свойства веществ можно разделить на две большие группы. Свойства первой группы доступны непосредственному наблюдению (вода — прозрачная жидкость без цвета и запаха, нафталин — твёрдое белое вещество с характерным запахом). Бóльшая часть свойств как бы скрыта внутри вещества и проявляется только в ходе превращений веществ.

ПРЕВРАЩЕНИЯ ВЕЩЕСТВ Вещества в природе претерпевают постоянные превращения. Зимой жидкая вода замерзает и образует твёрдый лёд, который весной, при таянии, вновь превращается в жидкую воду.

1.7. Круговорот воды в природе

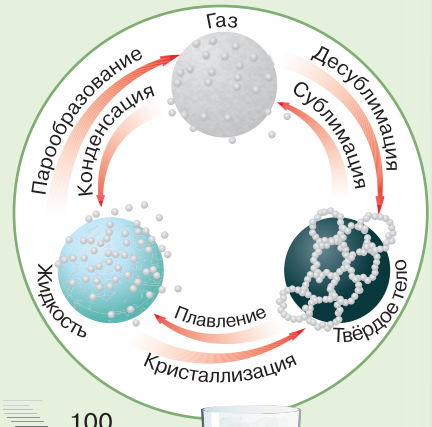
На металлургических комбинатах из ржавых стальных изделий получают блестящую сталь. Но под действием воды и воздуха сталь постепенно вновь покрывается ржавчиной.

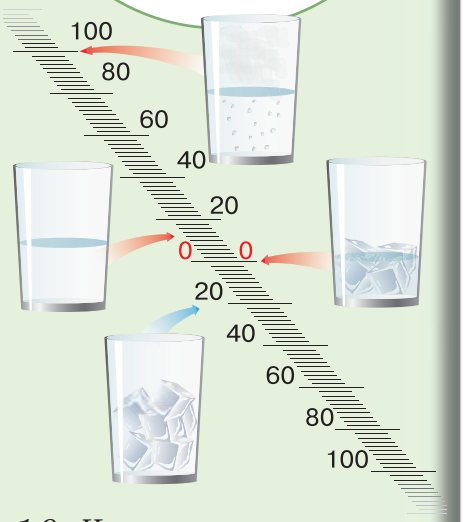
При взаимных превращениях «жидкая вода ↔ лёд» и «жидкая вода ↔ водяной пар» новых веществ не образуется, в то время как действие воды и воздуха на сталь приводит к появлению нового вещества — ржавчины. Таким образом, превращения веществ можно разделить на две группы:

1) превращения без образования новых веществ;
2) превращения с образованием новых веществ.

ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ И ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ Превращения веществ первой группы заключаются в изменении агрегатного состояния.

Агрегатные состояния и условия перехода веществ из одного состояния в другое изучает физика, поэтому такие превращения называют **физическими явлениями**. Превращения с образованием новых веществ изучает химия. Обычно такие превращения называют **химическими реакциями**.





1.8. Изменение агрегатного состояния воды

ПРИЗНАКИ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ Химические реакции — это процессы, которые мы не можем наблюдать непосредственно, поскольку образование новых веществ происходит в результате перегруппировки атомов в молекулах. Как вы знаете из курса физики, атомы и молекулы очень малы и увидеть их даже в очень сильный оптический микроскоп невозможно. Однако о химическом превращении веществ можно судить по некоторым непосредственно наблюдаемым признакам.

1.9. Признаки химических реакций

Вещества, которые образуются в результате химических реакций, по своим свойствам отличаются от исходных веществ. Например, когда медная монета покидает монетный двор, она обладает блеском и характерным «медным» цветом. Но через некоторое время её поверхность тускнеет, а потом и вовсе покрывается тёмным, почти чёрным налётом. Это цвет смеси веществ, образующихся на поверхности меди под действием воздуха.

В кулинарии часто используется так называемая гашёная сода: к твёрдой питьевой соде добавляют раствор уксуса. О том, что между этими веществами происходит химическая реакция, мы можем судить по вскипанию жидкости — это образуется углекислый газ.

Признаки химических реакций — непосредственно наблюдаемые физические явления, которыми сопровождаются химические реакции.

Следует обратить внимание на то, что непосредственно наблюдаемые признаки могут относиться как к химическим реакциям, так и к физическим явлениям. Например, для освещения помещений используют лампы накаливания и стеариновые свечи. В первом случае выделение света является признаком физического явления, во втором — признаком химической реакции.

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Домашний эксперимент.

«ПОМОЩНИК»

- Возьмите два стакана и наполните их до половины кипячёной водой комнатной температуры.
- В первый стакан поместите чайную ложку сахарного песка, во второй — таблетку растворимого аспирина.
- Опишите наблюдения.
- В каком из двух стаканов протекала химическая реакция?

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Чем химические реакции отличаются от физических явлений?
- Что называют признаками химических реакций?
- По каким признакам можно отличить химическую реакцию от физического явления?

5 ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Какое понятие обозначается термином «химический элемент».
- Какие обозначения используются для химических элементов.
- Как правильно читать знаки химических элементов.

ВСПОМНИТЕ:

- В каких контекстах вам встречалось слово «элемент»?
- Значение термина «атом».

В обычном школьном мелке массой 50 г содержится более $1{,}5 \cdot 10^{24}$ атомов. Но это огромное число атомов по их свойствам можно разделить на три группы. Другими словами, школьный мел образован атомами трёх химических элементов.

Каждая наука имеет свой специфический язык, с помощью которого описываются изучаемые объекты и явления. Составной частью научного языка являются термины, т.е. слова или словосочетания, точно и однозначно обозначающие понятия в данной науке. Одно из важнейших понятий химической науки обозначается термином «химический элемент».

ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ Материальный мир — это мир веществ, каждое из которых образовано огромным числом атомов. Наверное, пересчитать все атомы, которые существуют в природе, невозможно, но разновидностей атомов, отличающихся друг от друга по своим свойствам, не так уж и много. Эти разновидности атомов получили название «химический элемент». Пока мы не приводим строгого определения понятия «химический элемент» — с ним вы познакомитесь позже.

ЗНАКИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Становление химии как науки происходило в то время, когда языком общения между учёными разных стран был латинский язык. Поэтому современные международные названия химических элементов имеют, как правило, латинское происхождение, например химический элемент железо (лат. *ferrum*).

С середины XIX в. для обозначения химических элементов используют их сокращённые латинские названия, состоящие из одной или двух букв. Первая буква в знаке химического элемента всегда совпадает с первой буквой международного названия. Поскольку названия многих химических элементов начинаются с одинаковой буквы, для их различения в знак добавляют ещё одну букву из названия.

Водород	**H**ydrogenium	**H**
Гелий	**He**lium	**He**
Ртуть	**Hg**drargirum	**Hg**
Гафний	**Hf**nium	**Hf**
Углерод	**C**arboneum	**C**
Хлор	**Cl**orum	**Cl**
Кальций	**Ca**lcium	**Ca**
Медь	**Cu**prum	**Cu**

Знак химического элемента обозначает:
1) сам химический элемент, т.е. абсолютно все атомы данного вида, которые только существуют в природе;
2) один атом данного химического элемента.
Нужное значение знака можно определить по контексту, в котором он употреблён.

ЧТЕНИЕ ЗНАКОВ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В нашей стране и странах СНГ знаки химических элементов читаются тремя разными способами.

1. Знак читается как буква латинского алфавита.

Химический элемент	Знак	Чтение
Водород	H	аш
Углерод	C	це
Азот	N	эн
Кислород	O	о
Фосфор	P	пэ
Сера	S	эс

Исключение: знак читается как французское название буквы H

2. Чтение знака соответствует международному названию химического элемента.

Химический элемент	Знак	Чтение
Кремний	Si	силициум
Железо	Fe	феррум
Медь	Cu	купрум
Мышьяк	As	арсеникум
Серебро	Ag	аргентум
Олово	Sn	станнум
Сурьма	Sb	стибиум
Золото	Au	аурум
Ртуть	Hg	гидраргирум

В последнее время всё чаще используется чтение по буквам — си

Первая буква «г» произносится как в южно-русских говорах и в украинском языке, вторая — в соответствии с нормами русского литературного языка

3. Чтение всех остальных знаков соответствует русскому названию химического элемента.

Названия химических элементов в разных странах отличаются друг от друга. Использование единых знаков является средством всемирного общения.

Японский	水素	酸素	ナトリウム	フッ素
Английский	Hydrogen	Oxygen	Sodium	Fluorine
Русский	Водород	Кислород	Натрий	Фтор
Знак	**H**	**O**	**Na**	**F**

Другого ничего в природе нет
Ни здесь, ни там,
в космических глубинах:
Всё — от песчинок малых до планет —
Из элементов состоит единых.

С. Щипачёв

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Дайте определение понятию «химический элемент».
- Объясните, почему в основе знаков химических элементов лежат, как правило, их латинские названия.
- Выучите знаки химических элементов, которые читаются как латинские названия.

6 ХИМИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Что такое химическая формула.
- Как читают химические формулы.

ВСПОМНИТЕ:

- Что означают знаки химических элементов?
- Значение термина «молекула».

На уроках математики и физики вы постоянно пользуетесь разными формулами. Например, по формуле второго закона Ньютона

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

можно рассчитать, какую силу нужно приложить к телу массой m, чтобы оно двигалось с ускорением a. В химии также используются формулы.

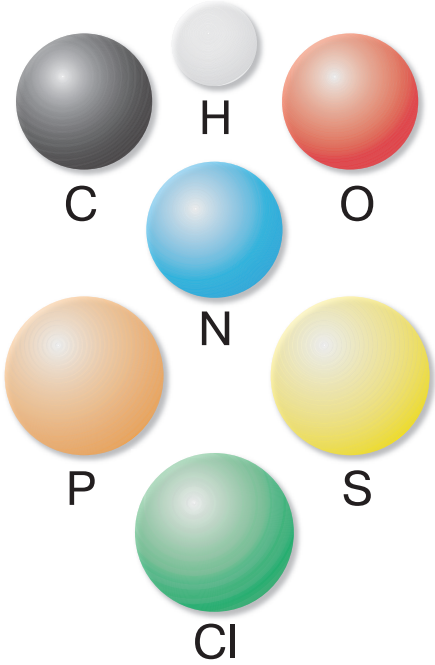
ХИМИЧЕСКАЯ ФОРМУЛА Каждое чистое вещество обладает определённым качественным и количественным составом.

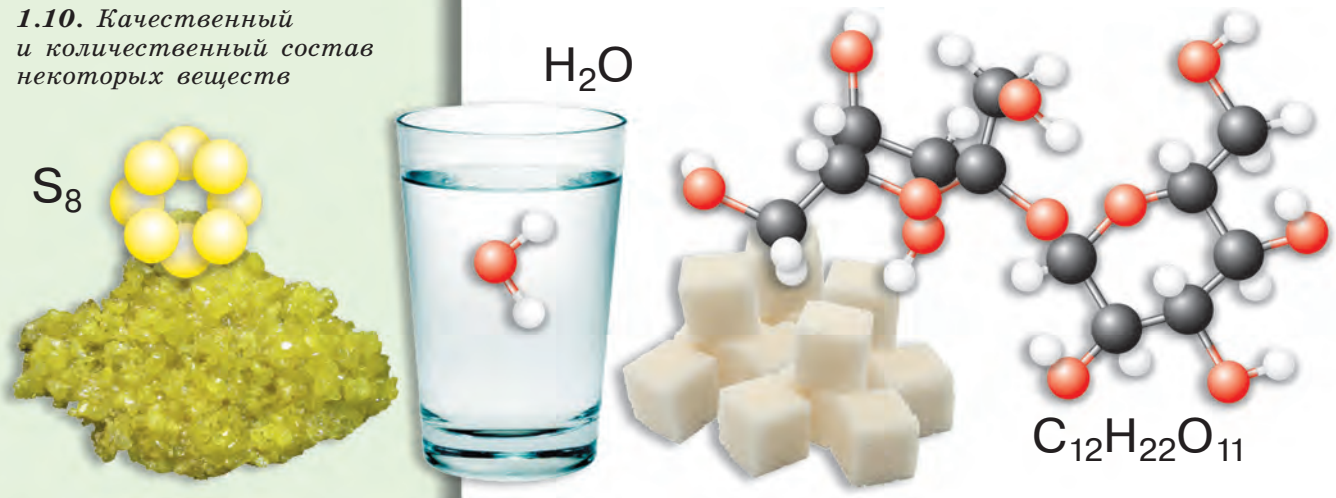
В химии принято описывать качественный и количественный состав вещества не словами, а знаками химических элементов. Такое описание получило название **химическая формула**. Как правило, химическая формула обозначает одну молекулу вещества.

Качественный состав даёт информацию о том, атомы каких элементов образуют данное вещество. Например, обычный сахар образован атомами химических элементов углерода, водорода и кислорода. Кислород, которым мы дышим, и озон, образующий защитный экран в верхних слоях атмосферы, образованы атомами химического элемента кислорода.

Количественный состав — это информация не только о химических элементах, образующих вещество, но и о числе их атомов, входящих в состав одной молекулы. Так, молекула сахара образована двенадцатью атомами углерода, двадцатью двумя атомами водорода и одиннадцатью атомами кислорода. Молекула кислорода состоит из двух атомов кислорода, а молекула озона — из трёх.

Модели одиночных атомов





1.10. Качественный и количественный состав некоторых веществ

Число атомов, входящих в состав молекулы, указывают с помощью индекса — числа, записываемого справа внизу от знака соответствующего химического элемента.

Индекс 1 в формулах не пишут, так как химический знак означает один атом химического элемента.

Если, например, молекула углекислого газа состоит из одного атома углерода и двух атомов кислорода, химическая формула углекислого газа будет CO_2. Качественный и количественный состав сахара передаёт формула $C_{12}H_{22}O_{11}$. По химическим формулам O_2 и O_3 легко отличить газ кислород от газа озона.

ОДНА МОЛЕКУЛА

КИСЛОРОД ← НАЗВАНИЕ → **ВОДА**

O_2 H_2O

ИНДЕКС

число атомов данного элемента в молекуле

СОСТАВ МОЛЕКУЛЫ

O	КАЧЕСТВЕННЫЙ	**H, O**
2O	КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ	**2H, O**

ЧТЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ФОРМУЛ Между веществами и химическими формулами существует однозначное соответствие: одному веществу соответствует одна формула, а одной формуле соответствует одно вещество. Например, воде соответствует только одна формула — H_2O, и формуле H_2O соответствует только одно вещество — вода. Поэтому химические формулы читают как названия соответствующих веществ.

Иногда возникает необходимость в другом способе чтения химических формул, который покажем на двух примерах:

1) формулу газа азота N_2 читают «эн-два»;

2) формулу серной кислоты H_2SO_4 — «аш-два-эс-о-четыре».

В повседневной жизни мы часто используем естественно-научные термины, порой искажая их смысл. Особенно «достаётся» термину «формула» в телевизионных рекламных роликах косметических и моющих средств. В том контексте, в котором используется термин «формула», следует употреблять термин «состав».

Использование химических формул для описания качественного и количественного состава веществ стало возможным благодаря открытию, сделанному французским химиком Жозефом Прустом. Он установил, что состав любого чистого вещества постоянен и не зависит от способов получения или места нахождения этого вещества (закон постоянства состава веществ). Спустя почти 100 лет после открытия закона постоянства состава веществ было обнаружено, что в природе существует множество веществ, которые не подчиняются этому закону. С такими веществами вы познакомитесь в 9 классе.

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определите качественный и количественный состав веществ.

«ПОМОЩНИК»

- Рассмотрите выданные вам вещества.
- С помощью этикеток на склянках с веществами опишите качественный и количественный состав этих веществ.
- Какими физическими свойствами обладают эти вещества?

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Что такое химическая формула?
- Объясните, почему в химических формулах индекс 1 не пишут.
- Выучите знаки химических элементов, которые читаются как буквы латинского алфавита.

7

ПРОСТЫЕ И СЛОЖНЫЕ ВЕЩЕСТВА

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Почему простые вещества могут оказаться сложными.
- Какие вещества называют бинарными.
- Как правильно составить название бинарного соединения.

ВСПОМНИТЕ:

- Что называют химическим элементом?

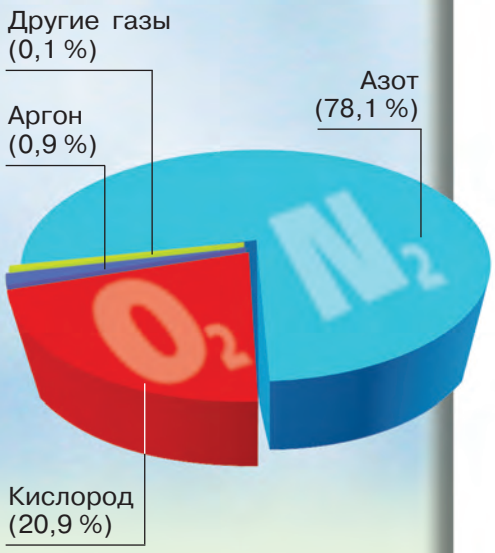
Язык химии — это не только термины, знаки химических элементов и химические формулы веществ. Это также научные названия веществ, и каждому веществу соответствует только одно научное название, а научному названию — только одно вещество. Освоить правила составления научных названий позволяет классификация веществ.

КЛАССИФИКАЦИЯ ВЕЩЕСТВ ПО ИХ СОСТАВУ Сравним состав веществ, с которыми вы хорошо знакомы.

Рассмотрим состав воздуха. Что общего у кислорода и азота? Что общего у углекислого газа и воды? Чем первые два вещества отличаются от двух последних? Для ответа на эти вопросы достаточно сравнить состав этих веществ.

Молекулы кислорода и азота образованы атомами одного химического элемента: молекулы кислорода — атомами химического элемента кислорода, молекулы азота — атомами химического элемента азота. Молекулы углекислого газа и воды образованы атомами двух химических элементов.

Что общего у таких веществ, как медь Cu, сера S, хлор Cl_2 (его используют для обеззараживания водопроводной воды), и чем они отличаются от поваренной соли NaCl, уксуса $C_2H_4O_2$, малахита $Cu_2H_2CO_5$? Так же как и в предыдущем примере, мы обнаружим, что в состав первых трёх веществ входят атомы только одного химического элемента (медь образована атомами меди, сера — атомами серы, хлор — атомами хлора). В составе трёх последних веществ разное число химических элементов, но больше одного.



1.11. Состав сухого атмосферного воздуха

Вещества, в состав которых входят атомы только одного химического элемента, называют **простыми веществами**. Соответственно вещества, образованные атомами нескольких химических элементов, называют **сложными веществами**.

БИНАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ Среди сложных веществ выделяется большая группа бинарных соединений, т.е. веществ, образованных атомами двух химических элементов. К бинарным соединениям относят поваренную соль NaCl, природный газ метан CH_4, железную окалину Fe_3O_4, негашёную известь CaO (используется в строительстве), углекислый CO_2 и угарный CO газы, свинцовый блеск PbS (руда, из которой получают свинец)

Часто под простым мы понимаем что-то хорошо известное. Каждому из нас с детства знакома вода, и поэтому это вещество представляется нам простым. Так ли это? С бытовой точки зрения — да. С точки зрения химии вода является сложным веществом, так как её молекулы образованы атомами двух химических элементов.

и многие другие. Вы сами можете привести пример по крайней мере ещё одного бинарного соединения, с которым встречаетесь несколько раз в день.

НОМЕНКЛАТУРА БИНАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В химии для названия веществ и составления их формул разработаны специальные правила, которые называют **номенклатурой**. Лишь для сравнительно небольшого числа веществ используют тривиальные, т.е. исторически сложившиеся, названия. С правилами химической номенклатуры мы будем знакомиться постепенно, по мере ознакомления с классификацией веществ.

Номенклатурные названия представляют собой ещё один способ описания качественного и количественного состава веществ. Если химические формулы используют для этой цели на письме, то номенклатурные названия веществ употребляют в устной и письменной речи.

Чтобы назвать вещество, нужно знать его качественный и количественный состав, т.е. химическую формулу. Сначала называют химический элемент, знак которого находится в формуле на втором месте. При этом используют не русское, а латинское название химического элемента. Из этого названия выделяют корень и добавляют к нему суффикс «ид». Затем называют химический элемент, знак которого в формуле вещества расположен на первом месте. Здесь уже используют русское название, но в родительном падеже.

Например:

H_2O — оксигениум + ид — оксид водорода

NaCl — хлорум + ид — хлорид натрия

PbS — сульфур + ид — сульфид свинца

Составим номенклатурные названия углекислого и угарного газов:

углекислый газ CO_2 — оксид углерода;

угарный газ CO — оксид углерода.

Обратите внимание: два разных вещества получили одинаковые названия! Нарушено главное правило — правило однозначного соответствия названия и формулы вещества! О том, как избежать таких нарушений, вы узнаете через один урок.

И простые, и сложные вещества играют в нашей жизни значительную роль. Вспомните два примера, с которыми вы познакомились ещё при изучении естествознания: простое вещество кислород O_2 и сложное вещество вода H_2O. Составьте небольшой рассказ о роли этих веществ в жизни.

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведите домашний эксперимент.

«ПОМОЩНИК»

- Какие простые и сложные вещества есть у вас дома?
- С помощью справочников (включая электронные словари и энциклопедии, размещённые в Интернете) определите их качественный и количественный состав.

До начала 60-х гг. XX в. в нашей стране использовалась другая номенклатура бинарных соединений. Многие из устаревших названий сегодня используются в повседневной жизни.

Устаревшее название	Современное название
Бромистый калий	Бромид калия
Сернистое железо	Сульфид железа
Хлористый кальций	Хлорид кальция

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- На какие две большие группы можно разделить все вещества? Дайте определение каждой из групп веществ.
- Сформулируйте правила составления названий бинарных соединений.
- Выучите знаки следующих химических элементов: K — калия; Ca — кальция; Mg — магния; Mn — марганца.

8 МАССОВАЯ ДОЛЯ ХИМИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА В СЛОЖНОМ ВЕЩЕСТВЕ

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Что такое относительная атомная масса.
- Как, зная химические формулы веществ, определить, какое из соединений более «богато» тем или иным химическим элементом.

ВСПОМНИТЕ:

- Почему была введена Международная система единиц (СИ)?
- Какие единицы массы использовались в России и за рубежом?
- Что является эталоном массы в СИ?

Одна из задач химической науки — нахождение новых, экономичных способов промышленного получения веществ с заранее заданными свойствами. Поэтому необходимо проводить разнообразные расчёты, для которых нужно знать, какими массами обладают атомы и молекулы.

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ АТОМНАЯ МАССА На уроках физики в 7 классе вы узнали, что атомы очень малы и массы этих частиц также очень малы. Масса одного атома углерода составляет около 0,00000000000000000000000002 кг.

Для более удобного выражения массы атомов была введена атомная единица массы (а.е.м.), равная $^1/_{12}$ массы атома углерода:

$$1 \text{ а.е.м.} = m_a(\text{C}) = 1{,}99265 \cdot 10^{-23} \text{ г} : 12 = 1{,}66054 \cdot 10^{-24} \text{ г}$$

В начале XIX в. определить точное значение масс атомов не представлялось возможным. Однако на основании проведённых экспериментов было установлено, что атомы одних элементов легче, чем атомы других. Английский химик Дж. Дальтон предложил сравнивать массу атома одного элемента с массой атома другого. За единицу сравнения им была выбрана масса атома водорода.

В современной науке единицей сравнения служит $^1/_{12}$ часть массы атома углерода.

Любое измерение относительно, потому что мы сравниваем один объект с другим, эталонным. В Средние века для измерения линейных размеров тела использовались длина стопы (фут), расстояние между средними пальцами разведённых в разные стороны рук (сажень), длина трёх уложенных в ряд ячменных зёрен (дюйм). Поэтому выражения «относительная атомная масса» и «относительная молекулярная масса» могли бы быть применены и к массам, измеренным в килограммах.

Отношение массы атома к $^1/_{12}$ массы атома углерода называют **относительной атомной массой** и обозначают A_r:

$$A_r(\text{H}) = 1{,}67375 \cdot 10^{-24} \text{ г} : 1{,}66054 \cdot 10^{-24} \text{ г} = 1{,}0078$$

$$A_r(\text{C}) = 1{,}99265 \cdot 10^{-23} \text{ г} : 1{,}66054 \cdot 10^{-24} \text{ г} = 12$$

Учёные определили относительные атомные массы всех химических элементов.

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ МОЛЕКУЛЯРНАЯ МАССА Одна двенадцатая часть массы атома углерода используется и для измерения масс молекул.

Относительная молекулярная масса — отношение массы молекулы к $^1/_{12}$ части массы атома углерода.

Зная химическую формулу вещества, легко рассчитать его относительную молекулярную массу. Определим относительную молекулярную массу воды. В состав молекулы воды входят два атома водорода и один атом кислорода. Следовательно, относительная молекулярная масса воды:

$$M_r(H_2O) = 2 \cdot A_r(H) + A_r(O) = 2 \cdot 1 + 16 = 18$$

МАССОВАЯ ДОЛЯ ХИМИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА В СЛОЖНОМ ВЕЩЕСТВЕ Массовой долей химического элемента в сложном веществе называют отношение массы атомов данного элемента, содержащихся в образце вещества, к массе самого образца. Массовую долю можно легко рассчитать по химической формуле сложного вещества. Для этого относительную атомную массу химического элемента умножают на число его атомов, входящих в одну молекулу, и полученную величину делят на относительную молекулярную массу вещества:

$$w(X) = \frac{n \cdot A_r(X)}{M_r},$$

где: n — число атомов элемента X;

M_r — относительная молекулярная масса вещества, в которое входят атомы химического элемента X.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ Для получения чугуна используют или красный железняк Fe_2O_3 (гематит), или магнитный железняк Fe_3O_4 (магнетит). В какой из руд содержание железа больше?

Для ответа на поставленный вопрос необходимо рассчитать массовую долю железа в каждой из руд и сравнить полученные значения.

Находим массовую долю железа в красном железняке. Для этого сначала рассчитываем относительную молекулярную массу красного железняка:

$$M_r(Fe_2O_3) = 2 \cdot A_r(Fe) + 3 \cdot A_r(O)$$

$$M_r(Fe_2O_3) = 2 \cdot 56 + 3 \cdot 16 = 160$$

Теперь удвоенную относительную массу железа (ведь в состав красного железняка входят два атома железа) делим на относительную молекулярную массу красного железняка:

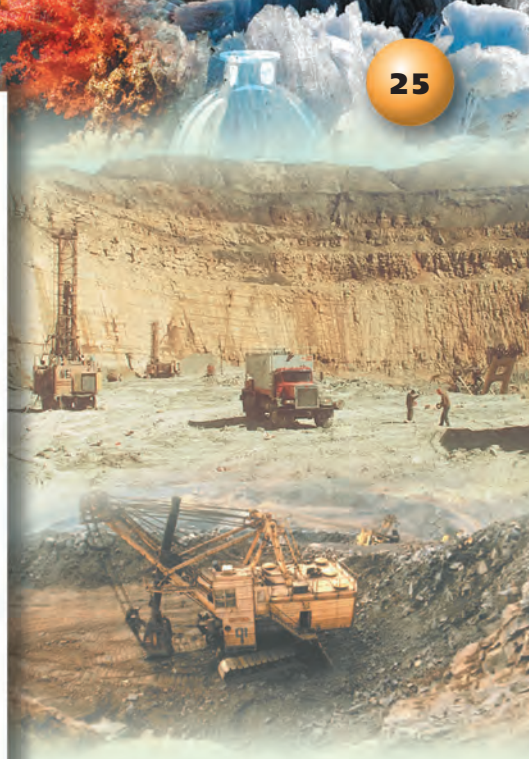
$$w(Fe) = \frac{112}{160} = 0{,}7$$

Массовую долю вещества принято выражать в процентах:

$$w(Fe) = 0{,}7 \cdot 100\,\% = 70\,\%$$

Проведя аналогичные вычисления, находим, что массовая доля железа в магнитном железняке составляет 72,4 %.

Теперь вы можете самостоятельно ответить на вопрос задачи.



1.12. Железные руды:
а) магнетит;
б) гематит

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Чем вызвана необходимость введения новой единицы массы для атомов и молекул?
- Объясните, почему масса, измеренная в килограммах, является относительной массой.
- Может ли массовая доля химического элемента в сложном веществе быть меньше 0? больше 1? Дайте обоснованный ответ.

9 ВАЛЕНТНОСТЬ

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Что такое валентность.
- Как с помощью валентности уточняют названия веществ.
- Как по названию бинарных соединений составляют их формулы.

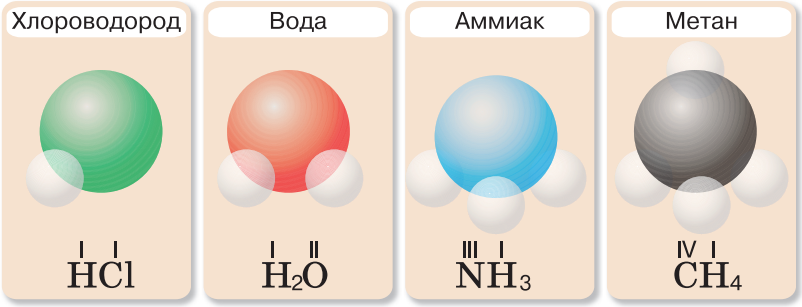
ВСПОМНИТЕ:

- Правила составления названий бинарных соединений.
- Проблему, которая возникла при составлении названий некоторых веществ.

Окружающий нас мир состоит из огромного числа веществ. Атомы одних и тех же химических элементов, соединяясь друг с другом, могут образовывать совершенно непохожие друг на друга вещества. Например, атомы углерода и кислорода образуют и ядовитый угарный газ CO, и необходимый для жизни на Земле углекислый газ CO_2. Почему так происходит?

ВАЛЕНТНОСТЬ Изучение состава многих веществ привело учёных к выводу, что атомы обладают свойством присоединять к себе не любое число других атомов, а строго определённое. Это свойство назвали **валентностью.**

За единицу валентности принята валентность атома водорода, который в любом из веществ присоединяет к себе только один другой атом.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ВАЛЕНТНОСТИ АТОМОВ ПО ФОРМУЛЕ ВЕЩЕСТВА Далеко не все химические элементы образуют соединения с водородом, но валентность их атомов можно определить и другими способами. Для этого необходимо помнить валентность атомов некоторых химических элементов.

1.14. *Валентность некоторых элементов*

Валентность	Химические элементы
I	H, Na, K, Li
II	O, Mg, Ca, Ba, Zn
	S
III	Al

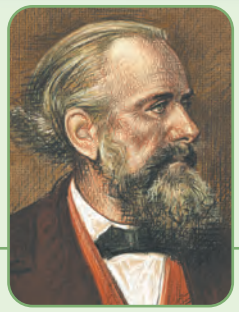
Во всех соединениях — В соединениях с металлами и водородом

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ 1. Чему равна валентность атома углерода в молекуле углекислого газа?

Вспомним формулу углекислого газа — CO_2. В молекуле этого вещества один атом углерода присоединяет к себе два двухвалентных атома кислорода, следовательно, валентность атома углерода равна четырём.

1.13. *Валентность водорода в разных химических соединениях*

В бинарных соединениях с водородом валентность атомов второго элемента не может быть больше четырёх.
Минимальное значение валентности 0 имеют, например, атомы инертных (благородных) газов: He — гелий, Ne — неон, Ar — аргон.



Франкленд (Франкланд) Эдуард
1825–1899
Английский химик, член Лондонского королевского общества. В 1858 г. ввёл понятие «соединительная сила», которое позднее было заменено понятием «валентность».

2. Чему равна валентность атомов фосфора в веществе P_2O_3?

По формуле P_2O_3 определяем, что два атома фосфора соединены с тремя двухвалентными атомами кислорода. Суммарная валентность трёх двухвалентных атомов равна шести (3·2 = 6). В соответствии с правилом суммарная валентность двух атомов фосфора также равна шести, поэтому один атом фосфора будет иметь валентность, равную трём (6:2 = 3).

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РАСЧЁТОВ ВАЛЕНТНОСТИ ПО ФОРМУЛАМ ВЕЩЕСТВ Знание валентности атомов в том или ином веществе даёт возможность уточнить названия веществ так, чтобы соблюдалось однозначное соответствие химической формулы и названия вещества. Вспомните, как совпали номенклатурные названия углекислого и угарного газов:

углекислый газ CO_2 — оксид углерода;

угарный газ CO — оксид углерода.

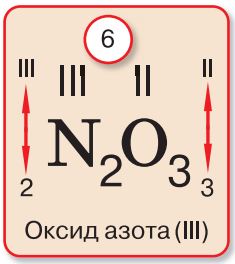
Чтобы не возникла путаница, уточним названия веществ, указав валентность атомов углерода в каждом из газов.

Валентность атомов углерода в углекислом газе мы уже определили — она равна четырём. Запишем это число римскими цифрами в круглых скобках слитно со словом «углерода»: углекислый газ CO_2 — оксид углерода(IV). Это название произносится так: «Оксид углерода четыре».

В угарном газе валентность атомов углерода равна двум, поэтому номенклатурное название угарного газа — оксид углерода(II). Это название мы произносим так: «Оксид углерода два».

СОСТАВЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ФОРМУЛ БИНАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПО ИХ НАЗВАНИЯМ Составим химическую формулу оксида азота(III). Для этого нужно выполнить следующие действия:

1. Запишите знаки химических элементов — NO
2. Обозначьте валентность элементов — $\overset{III}{N}\overset{II}{O}$
3. Найдите наименьшее общее кратное (НОК) — $\overset{III}{N}\overset{II}{O}$ (6)
4. Разделите НОК на валентность элементов — [N] 6:3=2 [O] 6:2=3
5. Расставьте индексы (справа внизу) — N_2O_3



МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Составление моделей различных веществ.

«ПОМОЩНИК»

Пользуясь моделями атомов и зная их валентность, составьте модели следующих веществ:

- водорода;
- воды;
- гидрида натрия;
- аммиака (атомы водорода и азота);
- оксида натрия.

Пристли Джозеф
1733–1804
Английский химик. Доказал, что углекислый газ поглощается растениями в процессе фотосинтеза.

***1.15.** Составление химических формул бинарных соединений по их названиям*

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Дайте определение понятию «валентность».
- Составьте памятку по определению валентности атомов по формулам бинарных соединений.
- Составьте памятку по составлению формул бинарных соединений по валентности атомов.

10 ХИМИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Один из важнейших законов естествознания.
- Как описывают химические реакции с помощью химических формул веществ.

ВСПОМНИТЕ:

- Что показывает химическая формула?
- Что в математике называют коэффициентом?

При решении задач на уроках математики вы часто составляете уравнения, с помощью которых находите неизвестную величину. Например, для решения квадратного уравнения используется формула

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}.$$

В химии также существует термин «уравнение», но чтобы понять его смысл, нужно познакомиться с одним из фундаментальных законов природы.

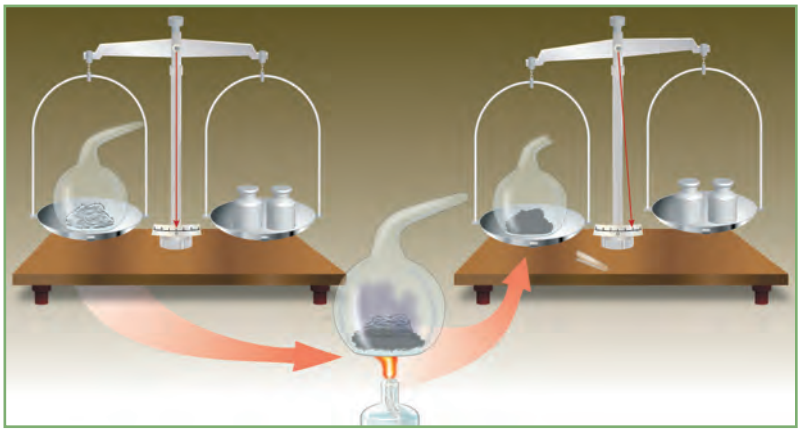
ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МАССЫ ВЕЩЕСТВ Летом 1748 г. М.В. Ломоносов выдвинул смелую гипотезу: «Все перемены, в Натуре случающиеся, такого суть состояния, что сколько чего у одного тела отнимется, столько же присовокупится к другому. Так, ежели где убудет несколько материи, то умножится в другом месте». Это означает, что при химических реакциях вещество «не исчезает» и «не появляется» из ничего. Такое утверждение противоречило непосредственным наблюдениям: при горении, например, свечи мы отчётливо видим, как её размеры уменьшаются; масса ржавчины всегда оказывается больше массы исходного металла. Требовалась экспериментальная проверка смелой гипотезы.

Эксперимент удалось осуществить только в 1756 г., когда в Санкт-Петербурге была построена первая в России химическая лаборатория. Ломоносов повторил опыты Роберта Бойля по прокаливанию металлов в закрытых сосудах в несколько изменённых условиях.

Бойль помещал железную стружку в реторту, взвешивал её и запаивал. После нагревания реторты на сильном огне в течение длительного времени Бойль вскрывал реторту и вновь взвешивал. Масса реторты с находящимся в ней веществом во всех опытах оказывалась больше массы реторты с металлом до прокаливания.

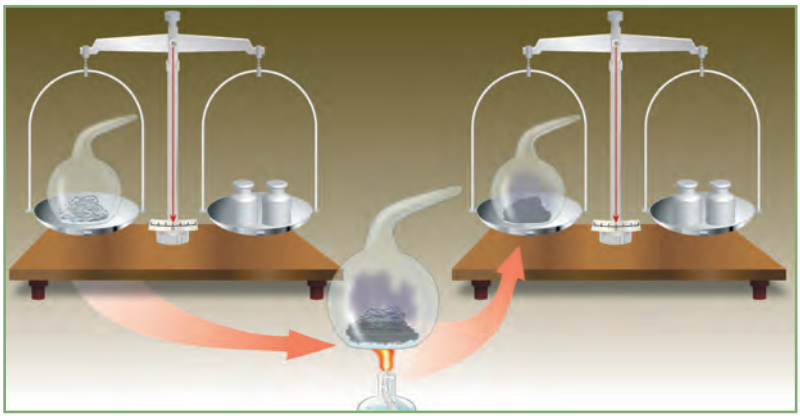
Спустя 33 года после подтверждения гипотезы о сохранении массы веществ в химических реакциях вышел «Начальный учебник химии, изложенный в новом порядке, согласно современным открытиям» французского химика А.Л. Лавуазье. Учёный писал: «Можно положить в виде принципа, что во всякой операции количество вещества одинаково до и после операции, что качество и количество начал остаются теми же самыми, что происходят только превращения».

Бойль Роберт
1627–1691
Английский физик и химик. Участвовал в основании Общества наук, исполнял обязанности президента Лондонского королевского общества.



1.16. Схема опыта Р. Бойля

Ломоносов до и после нагревания взвешивал запаянную реторту, и, как он записал в своём дневнике, «данными опытами нашлось, что славного Роберта Бойля мнение ложно», т.е. масса реторты не увеличивалась.



1.17. Схема опыта М.В. Ломоносова

Масса веществ, вступивших в химическую реакцию, всегда равна массе образующихся веществ **(закон сохранения массы веществ).**

ХИМИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ Закон сохранения массы веществ даёт возможность описывать химические реакции с помощью химических формул веществ и специальных знаков, называемых **химическими уравнениями** или **уравнениями химических реакций.**

В опытах Р. Бойля и М.В. Ломоносова протекала одна и та же химическая реакция между железом и кислородом, в результате которой получалась железная окалина. Заменим названия веществ их химическими формулами:

Fe и O_2 при нагревании превращаются в Fe_3O_4.

Произведём ещё две замены:

1) союз «и» заменим знаком «+»;

2) слова «превращаются в» стрелкой →, над которой напишем строчную латинскую букву *t*, заменяющую слова «при нагревании».

После этих замен мы получаем схему химической реакции:

$$Fe + O_2 \xrightarrow{t} Fe_3O_4$$

Обратим внимание на то, что в схеме химической реакции нарушен закон сохранения массы веществ: до реакции один атом железа, после реакции три; до реакции два атома кислорода, после реакции четыре. Чтобы закон выполнялся, необходимо расставить коэффициенты:

$$3Fe + 2O_2 \overset{t}{=} Fe_3O_4$$

Ломоносов Михаил Васильевич
1711–1765
Русский учёный-естествоиспытатель, основатель первой в России химической лаборатории.

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Опишите химическую реакцию с помощью химических формул и специальных знаков.

«ПОМОЩНИК»

- Прокалите медную проволоку (пластинку) в пламени спиртовки (газовой горелки). Запишите наблюдения.
- К какому из явлений — физическому или химическому — относят наблюдаемое изменение?
- Составьте уравнение химической реакции.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Объясните, почему в ходе химических реакций масса веществ не изменяется.
- Приведите примеры химических реакций, в результате которых вещество: а) «исчезает»; б) «появляется» из ничего. Объясните, почему и в этих случаях не нарушается закон сохранения массы веществ при химических реакциях.
- Дайте определение понятию «химическое уравнение».

11 АТОМНО-МОЛЕКУЛЯРНОЕ УЧЕНИЕ В ХИМИИ

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Как формировались в естествознании представления о строении вещества.
- В чём заключаются основные положения атомно-молекулярного учения.
- Какие учёные внесли значительный вклад в развитие атомно-молекулярного учения.

ВСПОМНИТЕ:

- С какими понятиями вы познакомились, изучая химию?

Наука никогда не стоит на месте: изучение окружающего мира даёт новые факты, для объяснения которых создаются гипотезы и теории. Совокупность теоретических положений является основой любого учения. Порой достаточно одного нового факта, необъяснимого господствующим учением, чтобы на смену этому учению пришло другое.

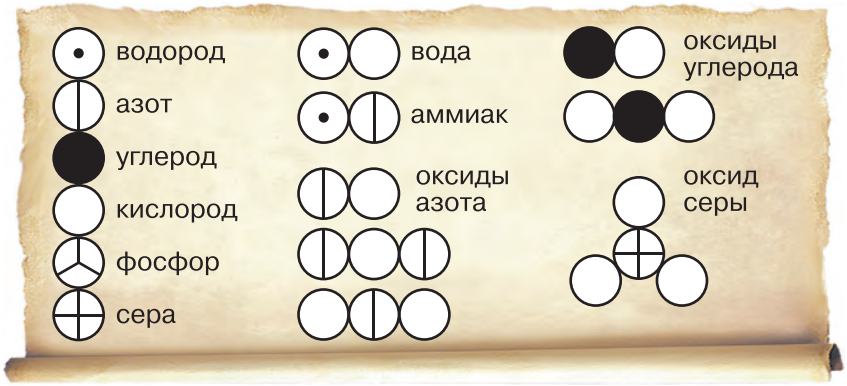
ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СТРОЕНИИ ВЕЩЕСТВА У МЫСЛИТЕЛЕЙ ДРЕВНЕГО МИРА Учение об атомах зародилось в трудах философов Древней Греции, которые пытались объяснить загадочные явления природы естественными причинами. Греческое слово «атом» переводится на русский язык как «неделимый», но древние философы обозначали этим словом то, что сегодня мы называем молекулой. Поэтому им удалось объяснить лишь простейшие физические явления: испарение воды, ветер, распространение запахов и т.п.

Поскольку в этом учении не оставалось места для богов, в Средневековье атомистика была предана забвению.

ВОЗРОЖДЕНИЕ АНТИЧНОЙ АТОМИСТИКИ Учение об атомах, развитое в трудах греческих и римских философов, казалось, было полностью забыто в алхимический период развития науки. Основные положения атомно-молекулярного учения были разработаны лишь в середине XVIII в. великим русским учёным М.В. Ломоносовым.

Большой вклад в становление химии как науки внесли английские учёные. Роберт Бойль в книге «Химик-скептик» показал несостоятельность попыток алхимиков получить золото из неблагородных металлов и впервые дал научное определение понятию «элемент». Всеобщее признание атомно-молекулярное учение получило после работ Джона Дальтона.

Дальтон Джон
1766–1844
Английский химик и физик. Является одним из основателей атомно-молекулярного учения, разработал систему химических знаков для атомов и молекул.



1.18. Система химических знаков для атомов и молекул Д. Дальтона

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ АТОМНО-МОЛЕКУЛЯРНОГО УЧЕНИЯ

Любое учение состоит из ряда взаимосвязанных положений. В **атомно-молекулярном учении** такими положениями являются следующие утверждения:

1. Все вещества состоят из молекул.
2. При физических явлениях молекулы сохраняются, а при химических реакциях разрушаются.
3. Молекулы всех веществ состоят из атомов, которые при химических реакциях не изменяются. Это означает, что с помощью химических реакций нельзя получить из одного химического элемента другой химический элемент.
4. Атомы одного химического элемента одинаковы и отличаются от атомов другого химического элемента.
5. Молекулы простых веществ состоят из атомов одного химического элемента, а молекулы сложных веществ — из атомов разных химических элементов.
6. Химические реакции заключаются в образовании новых молекул из атомов, из которых состояли молекулы исходных веществ.

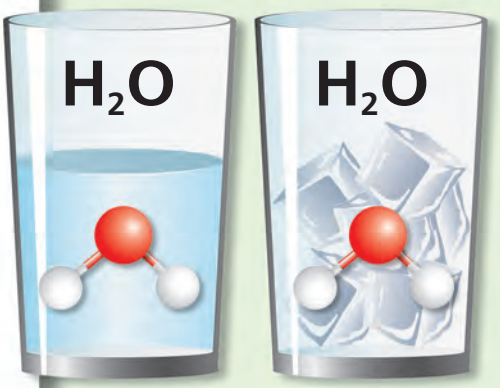
Согласно атомно-молекулярному учению пределом делимости вещества признаётся атом, который в ходе химических реакций не изменяется.

Атомно-молекулярное учение было ведущим в естествознании вплоть до конца XIX в., когда учёные-физики обнаружили, что неделимый атом на самом деле образован другими, более мелкими частицами. Новая теория, объясняющая строение и превращение веществ, не отвергает атомно-молекулярного учения, а считает его составной частью. Основы современной теории вы начнёте изучать в конце учебного года, после того как познакомитесь с основными классами неорганических соединений. Для первого знакомства с ними вполне достаточно представлений атомно-молекулярного учения.

Примером воззрений античных философов о строении вещества служит поэма Тита Лукреция Кара «О природе вещей», в которой, в частности, говорится:

И, наконец, на морском берегу, разбивающем волны,
Платье сыреет всегда, а, на солнце вися, высыхает.
Видеть, однако, нельзя, как влага на нём оседает,
Как и не видно того, как от зноя она исчезает.
Значит, дробится волна на такие мельчайшие части,
Что не доступны они совершенно для нашего взора.

1.19. Атомно-молекулярный состав воды



«Во тьме должны обращаться физики, а особливо химики, не зная внутреннего строения нечувствительных частиц».

М.В. Ломоносов

Существуют явления, при которых атомы одного химического элемента превращаются в атомы другого химического элемента. Эти явления изучает не химия, а физика, и с ними вы познакомитесь в старших классах.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Как формировались в естествознании представления о строении вещества?
- В чём заключаются основные положения атомно-молекулярного учения?
- Какие учёные внесли значительный вклад в развитие атомно-молекулярного учения? Составьте презентацию об одном из учёных (на ваш выбор).

ПОДВЕДЁМ ИТОГИ

- Предмет химии — вещества, их строение, взаимные превращения, получение и применение.
- Химическая реакция — явление, при котором из одних веществ образуются новые вещества. Признаки химических реакций — непосредственно наблюдаемые физические явления, которыми сопровождаются химические реакции.
- Знак химического элемента обозначает:
1) сам химический элемент;
2) один атом данного химического элемента.
- Химическая формула — описание качественного и количественного состава вещества с помощью знаков химических элементов. Химическая формула обозначает одну молекулу вещества.
- Простые вещества — вещества, образованные атомами одного химического элемента. Сложные — вещества, образованные атомами нескольких химических элементов.
- Относительная атомная масса — отношение массы атома к $^1/_{12}$ части массы атома углерода. Относительная молекулярная масса — отношение массы молекулы к $^1/_{12}$ части массы атома углерода.
- Валентность — способность атома присоединять к себе определённое число других атомов.
- Закон сохранения массы веществ — масса веществ, вступивших в химическую реакцию, всегда равна массе образующихся веществ.
- Химическое уравнение — описание химической реакции с помощью химических формул веществ и специальных знаков.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ:

- Один древнегреческий философ заметил, что нельзя дважды войти в одну и ту же реку. Докажите или опровергните это утверждение, пользуясь приобретёнными вами химическими знаниями.
- В старом словаре иностранных слов химический элемент определяется как вещество, которое нельзя разложить на более простые вещества. Обсудите правильность такого определения.
- Если на весах уравновесить свечу и потом её зажечь, то... Нарисуйте схему установки, с помощью которой можно доказать, что в данном случае закон сохранения массы веществ не нарушается. Объясните принцип действия установки.

ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

http://gotourl.ru/11298 — Химический словарь, содержащий химические формулы и краткое описание важнейших свойств многих веществ.

http://gotourl.ru/11301 — Тривиальные названия веществ.

ГЛАВА II

ВАЖНЕЙШИЕ КЛАССЫ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

- ПРОСТЫЕ ВЕЩЕСТВА: МЕТАЛЛЫ И НЕМЕТАЛЛЫ
- КИСЛОРОД
- ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КИСЛОРОДА
- ОКСИДЫ
- ВОДОРОД
- ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДОРОДА
- ОКСИД ВОДОРОДА – ВОДА
- ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОДЫ С МЕТАЛЛАМИ
- ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОДЫ С ОКСИДАМИ МЕТАЛЛОВ
- ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОДЫ С ОКСИДАМИ НЕМЕТАЛЛОВ
- СОСТАВ КИСЛОТ. СОЛИ
- СВОЙСТВА КИСЛОТ
- СВОЙСТВА ОСНОВАНИЙ
- СВОЙСТВА АМФОТЕРНЫХ ГИДРОКСИДОВ
- ГЕНЕТИЧЕСКИЙ РЯД ТИПИЧНОГО МЕТАЛЛА
- ГЕНЕТИЧЕСКИЙ РЯД ТИПИЧНОГО НЕМЕТАЛЛА

КОРОТКО О ГЛАВНОМ

Классификация – система распределения предметов или понятий какой-нибудь области на классы, отделы, разряды и т.п.

Д.Н. Ушаков

12 ПРОСТЫЕ ВЕЩЕСТВА: МЕТАЛЛЫ И НЕМЕТАЛЛЫ

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Как классифицируются простые вещества.
- Какими физическими свойствами обладают металлы.
- В чём заключается отличие физических свойств неметаллов от физических свойств металлов.

ВСПОМНИТЕ:

- Какие вещества называют простыми?
- С какими металлами вы уже встречались?

В § 7 мы разделили все вещества на простые и сложные. Несмотря на то что простые вещества образованы атомами всего одного химического элемента, их также можно разделить на группы, т.е. классифицировать. Чтобы классификация была научной, нужно правильно выбрать признаки, по которым вещества будут распределяться по группам.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОСТЫХ ВЕЩЕСТВ В основу классификации простых веществ можно положить разные признаки (основания классификации). По строению выделяют простые вещества молекулярного и немолекулярного строения.

Химические элементы водород, кислород, азот, фтор, хлор, бром, иод, сера и некоторые другие образуют молекулы, поэтому соответствующие им простые вещества называются веществами молекулярного строения. Простые вещества, образованные углеродом, железом, медью и др., имеют немолекулярное строение.

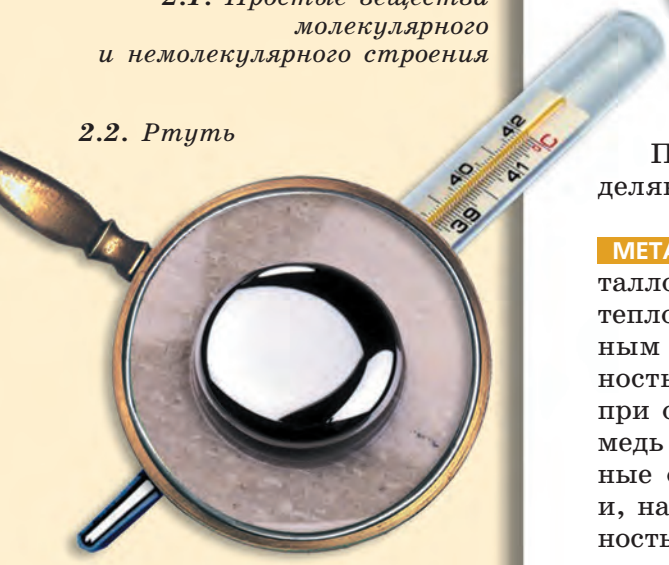
Сегодня человечество знает более 400 простых веществ, а химических элементов только 118.
При обычных условиях иод — кристаллическое вещество тёмно-серого цвета с металлическим блеском. Кристаллы иода образованы двухатомными молекулами I_2. Молекулы серы в твёрдом состоянии состоят из восьми атомов S_8, а в газообразном — из двух атомов S_2.

Самородная сера

Самородная медь

2.1. Простые вещества молекулярного и немолекулярного строения

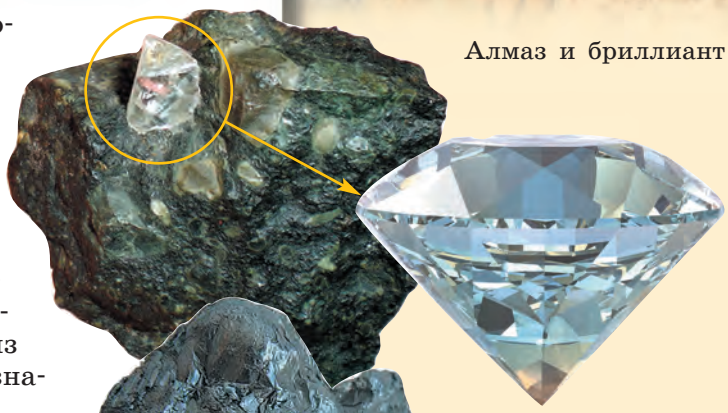
2.2. Ртуть



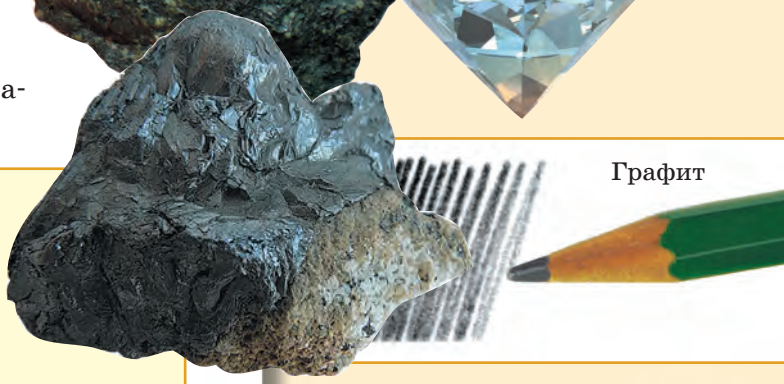
По свойствам простые вещества также разделяют на две группы: металлы и неметаллы.

МЕТАЛЛЫ При обычных условиях большинство металлов — твёрдые вещества, которые хорошо проводят теплоту и электрический ток, серого цвета с характерным металлическим блеском и обладают пластичностью. Разумеется, есть и исключения. Так, ртуть при обычных условиях является жидкостью. Золото и медь имеют красный цвет, а другие металлы — разные оттенки серого: от серебристого у самого серебра и, например, натрия до синеватого у свинца. Пластичность у металлов также выражена в разной степени.

НЕМЕТАЛЛЫ Неметаллов в природе гораздо меньше, однако число простых веществ — неметаллов больше неметаллов — химических элементов. Это объясняется тем, что некоторые химические элементы образуют несколько простых веществ: химический элемент кислород — два простых вещества молекулярного строения O_2 (кислород) и O_3 (озон); химический элемент углерод — несколько простых веществ, из которых графит и алмаз вам хорошо знакомы.



Алмаз и бриллиант



Графит

Такое явление получило название аллотропии, а разные простые вещества, образованные атомами одного и того же химического элемента, — **аллотропными модификациями**.

Хотя простых веществ — неметаллов значительно меньше, чем простых веществ — металлов, они значительно различаются по своим свойствам. Большинство неметаллов плохо или совсем не проводят теплоту и электрический ток. Водород, кислород, азот, хлор при обычных условиях находятся в газообразном состоянии, бром — жидкость, а иод, кремний, фосфор — твёрдые вещества. Твёрдые неметаллы нельзя ковать, из них не удаётся вытянуть проволоку, как из большинства металлов.

Молекулы газов — простых веществ, как правило, образованы двумя атомами. Исключения составляют благородные (инертные) газы, которые образованы не связанными друг с другом атомами. Двухатомными молекулами образованы также жидкость бром Br_2 и твёрдое вещество иод I_2.

В русском языке названия химических элементов и простых веществ совпадают. Собственные названия имеют только простые вещества, образованные углеродом (графит, алмаз, фуллерены, нанотрубки) и одно простое вещество, образованное атомами кислорода (озон). Это порой приводит к неправильному употреблению терминов «химический элемент» и «простое вещество». Если мы говорим, что в состав воды входит кислород, то речь идёт о химическом элементе; если же мы имеем в виду кислород, которым дышат обитатели водоёмов, то речь идёт о простом веществе.

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Домашний эксперимент.

«ПОМОЩНИК»

- Какие металлы есть у вас дома?
- Пользуясь собственными наблюдениями, а также словарями и справочниками (включая электронные, размещённые в Интернете), опишите их физические свойства.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Как классифицируются простые вещества?
- Какими физическими свойствами обладают металлы?
- Объясните, в чём заключается отличие физических свойств неметаллов от физических свойств металлов.

13 КИСЛОРОД

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Где в природе встречается химический элемент кислород.
- Как получают кислород в промышленности и в химических лабораториях.
- Какими физическими свойствами обладает простое вещество кислород.

ВСПОМНИТЕ:

- Что вам известно о значении кислорода из курса биологии?

Изучение свойств веществ мы начнём с простого вещества — неметалла, без которого жизнь на Земле невозможна. Когда-то в земной атмосфере кислорода почти не было. Американский учёный П. Эткинс считает, что кислород появился в атмосфере всего 2 млрд лет назад в результате жизнедеятельности анаэробных бактерий, поглощающих углекислый газ.

КИСЛОРОД В ПРИРОДЕ Кислород — один из самых распространённых химических элементов на Земле. Основная масса кислорода входит в состав сложных веществ, образующих земную кору и гидросферу. Доля кислорода в воздухе относительно невелика — всего $^1/_5$ часть по объёму, или около 21 %.

O 8
Кислород
15,9994

Химический знак кислорода — O
Относительная атомная масса — 16
Химическая формула простого вещества — O_2
Относительная молекулярная масса — 32

Кислород — один из немногих химических элементов, приоритет открытия которого оспаривают несколько стран: Англия, Швеция и Франция.

2.3. Содержание кислорода в различных средах

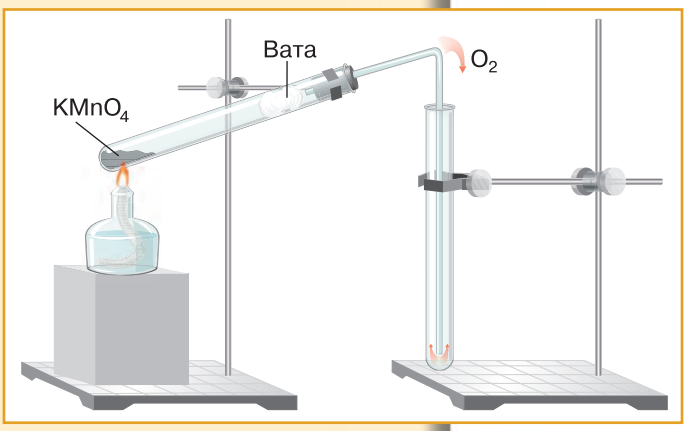
ПОЛУЧЕНИЕ КИСЛОРОДА В промышленности кислород получают из воздуха.

Для этого воздух охлаждают до очень низких температур и переводят его в жидкое состояние. Затем температуру постепенно повышают и из воздуха выделяют отдельные газы.

В лаборатории для получения кислорода используют кислородсодержащие соединения, как правило, перманганат калия $KMnO_4$, который в быту называют марганцовкой.

При нагревании перманганат калия разлагается с выделением кислорода:

$$2KMnO_4 = K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2$$



2.4. Получение и собирание кислорода методом вытеснения воздуха

Также кислород можно получить из пероксида водорода (в быту перекись водорода):

$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$$

Сравнительно недавно, до середины XX в., для получения кислорода в школьных химических лабораториях использовались бертолетова соль $KClO_3$ и оксид ртути(II) HgO:

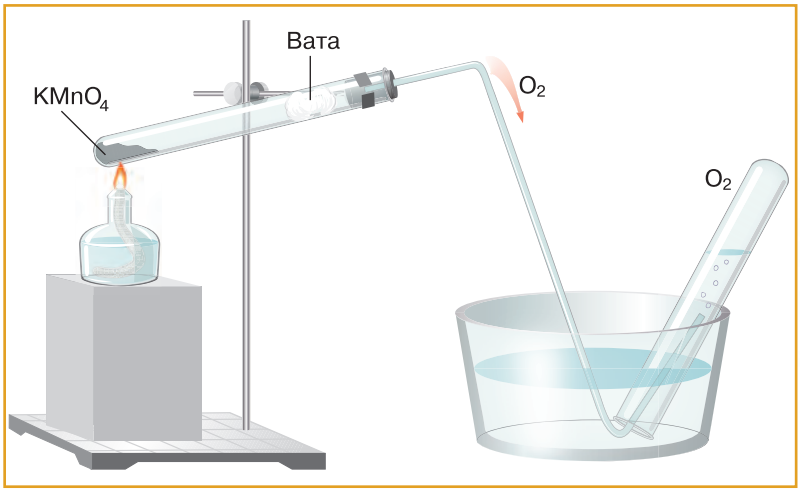
$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$$

$$2HgO = 2Hg + O_2$$

От этих способов теперь отказались, так как бертолетова соль при сильном нагревании взрывается, а ртуть и её соединения очень ядовиты.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КИСЛОРОДА Простое вещество кислород O_2 — бесцветный газ без запаха и вкуса, в 1,1 раза тяжелее воздуха, практически не растворяется в воде. При сильном охлаждении кислород превращается в голубую жидкость, которая при дальнейшем охлаждении переходит в твёрдое состояние.

Плохая растворимость кислорода в воде даёт возможность при получении собирать его в сосуды (цилиндры, пробирки, колбы). Такой метод собирания газов называется **методом вытеснения воды**.



2.5. Получение и собирание кислорода методом вытеснения воды

Хотя кислород очень плохо растворяется в воде и его можно собирать методом вытеснения воды, растворимости кислорода оказывается вполне достаточно для жизнедеятельности обитателей водоёмов.

Бертолле Клод Луи
1748–1822
Французский химик, основатель учения о химическом равновесии. Впервые получил хлорат калия $KClO_3$.

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Домашний эксперимент.

«ПОМОЩНИК»

- Возьмите ломтик сырого картофеля и поместите на него 3 — 4 капли пероксида водорода.
- Повторите опыт, заменив сырой картофель варёным.
- В каком случае происходит разложение пероксида водорода с выделением кислорода?

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Где в природе встречается химический элемент кислород?
- Как получают кислород в промышленности и в химических лабораториях?
- Какими физическими свойствами обладает простое вещество кислород?

14 ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КИСЛОРОДА

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- С какими веществами взаимодействует кислород.
- Что такое горение.
- Какие химические реакции называют реакциями окисления.

ВСПОМНИТЕ:

- Какие соединения называются бинарными?
- По каким правилам составляются названия бинарных соединений?

Почему 4,5–2 млрд лет назад в атмосфере Земли не было свободного кислорода? Дело в том, что это простое вещество обладает высочайшей химической активностью, вступая в химические реакции со многими сложными и простыми веществами. Знакомство с химическими свойствами кислорода начнём с его реакций с металлами.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КИСЛОРОДА С МЕТАЛЛАМИ Большинство металлов вступает в химические реакции с кислородом или при обычных условиях, или при нагревании. При обычных условиях взаимодействие с кислородом протекает очень медленно, а при нагревании реакция идёт бурно, с выделением света и большого количества теплоты.

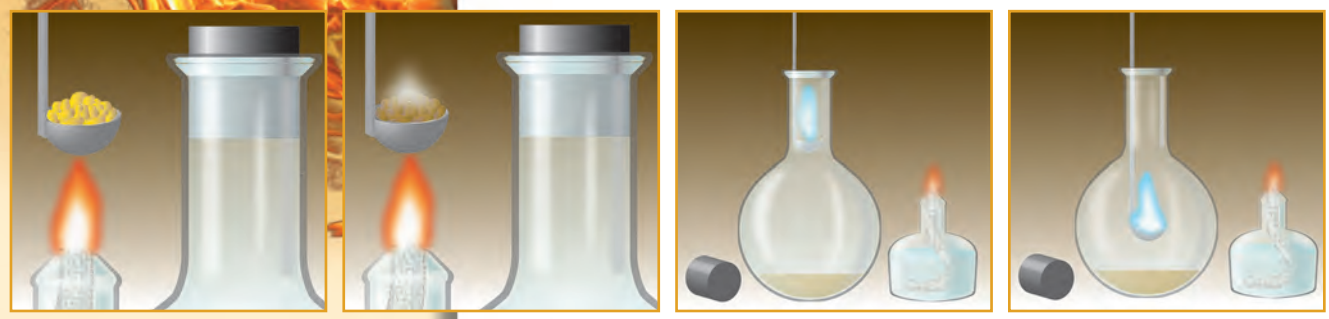
2.6. Взаимодействие кислорода с магнием

$$2Ca + O_2 = \underset{\text{оксид кальция}}{2CaO}$$

$$2Mg + O_2 = \underset{\text{оксид магния}}{2MgO}$$

$$2Cu + O_2 = \underset{\text{оксид меди(II)}}{2CuO}$$

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КИСЛОРОДА С НЕМЕТАЛЛАМИ Многие неметаллы, например сера или углерод, вступают в химические реакции с кислородом при нагревании.



2.7. Взаимодействие кислорода с серой

$$S + O_2 = \underset{\text{оксид серы(IV)}}{SO_2}$$

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КИСЛОРОДА СО СЛОЖНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

При взаимодействии сложных веществ с кислородом, как правило, образуются оксиды тех химических элементов, атомы которых входили в состав сложного вещества:

$$\underset{\text{метан}}{CH_4} + 2O_2 = \underset{\text{оксид углерода(IV)}}{CO_2} + \underset{\text{оксид водорода}}{2H_2O}$$

$$\underset{\text{сероводород}}{2H_2S} + 3O_2 = \underset{\text{оксид серы(IV)}}{2SO_2} + \underset{\text{оксид водорода}}{2H_2O}$$

ГОРЕНИЕ Многие химические реакции веществ с кислородом сопровождаются выделением большого количества теплоты и света. Такое явление мы называем **горением**. В одних случаях горение приносит пользу человеку: горение свечи спасает нас от темноты в отсутствие электрического освещения, горение газа в бытовой плите используется для приготовления пищи. Вместе с тем процесс горения очень часто наносит непоправимый вред.

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение свойств кислорода.

«ПОМОЩНИК»

- По указанию учителя соберите прибор для получения кислорода. Получите и соберите кислород в выданный вам сосуд.
- В ложке для сжигания веществ раскалите уголёк и поместите его в сосуд с кислородом.
- Запишите ваши наблюдения.
- Составьте уравнения проведённых химических реакций.

2.8. Горение

КИСЛОРОД КАК ОКИСЛИТЕЛЬ В результате химических реакций простых и сложных веществ с кислородом образуются оксиды соответствующих химических элементов. Поэтому такие реакции стали называть реакциями окисления, а простое вещество кислород — окислителем.

За прошедшее время в химической науке было накоплено большое количество фактов, свидетельствующих, что окислителем может быть не только кислород, а значит, реакциями окисления могут быть химические реакции и между другими веществами. С такими веществами и химическими реакциями вы познакомитесь в 9 классе.

Поскольку горение — это химическая реакция веществ с кислородом, первым условием возникновения горения является контакт веществ с кислородом.

Представление о реакциях окисления как взаимодействии веществ с кислородом было развито в работах великого французского химика XVIII в. А.Л. Лавуазье, предложившего кислородную теорию горения.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- С какими веществами взаимодействует кислород?
- Что такое горение?
- Какие химические реакции называют реакциями окисления? Приведите примеры.

15 ОКСИДЫ

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Какие вещества относятся к классу оксидов.
- Как получают оксиды.
- Какими физическими свойствами обладают оксиды.

ВСПОМНИТЕ:

- Определение понятия «бинарные соединения».
- Правила номенклатуры бинарных соединений.

Многие оксиды имеют тривиальные названия, которые вы неоднократно встретите на страницах учебника: оксид водорода – вода; оксид углерода(II) – угарный газ; оксид углерода(IV) – углекислый газ и т.д.

Вы помните, что сложных веществ в природе гораздо больше, чем простых. Поэтому и классов сложных веществ больше, чем классов простых веществ. Знакомиться с классами сложных веществ мы будем по мере усложнения их состава. С отдельными представителями самых «простых» из сложных веществ вы уже встречались. Для названия этого класса используется термин «оксиды».

КЛАСС ОКСИДОВ Оксиды — это простейшие из сложных веществ, поскольку их молекулы образованы атомами только двух химических элементов, причём одним из них является кислород. Другими словами, оксиды — это бинарные соединения кислорода.

Однако не все бинарные соединения кислорода принадлежат к классу оксидов. Одно из таких веществ вам хорошо знакомо — пероксид водорода, который в быту мы называем перекисью, имеет состав H_2O_2. Также не является оксидом соединение OF_2. Поэтому определение, приведённое ранее, не совсем верное, но необходимые уточнения мы внесём после изучения строения вещества.

Названия оксидов составляются по тем же правилам, что и названия других бинарных соединений, например CO — оксид углерода(II), CO_2 — оксид углерода(IV) и т.д.

ПОЛУЧЕНИЕ ОКСИДОВ Оксиды почти всех химических элементов можно получить сжиганием простых веществ.

2.9. Получение оксидов железа и фосфора сжиганием простых веществ

$$3Fe + 2O_2 = Fe_3O_4 \qquad 4P + 5O_2 = P_4O_{10}$$

Оксиды образуются и при горении сложных веществ, например:

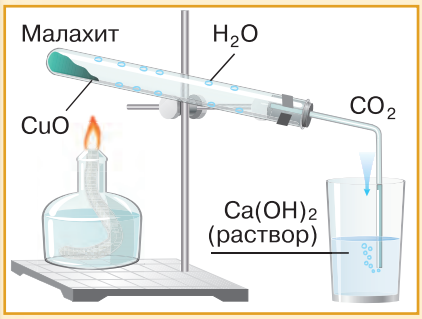
$$2H_2S + 3O_2 = \underset{\text{оксид водорода}}{2H_2O} + \underset{\text{оксид серы(IV)}}{SO_2}$$

Оксиды также можно получить при разложении некоторых веществ. Например, при разложении малахита образуются три оксида: оксид меди(II), углекислый газ и вода.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОКСИДОВ При обычных условиях оксиды встречаются во всех агрегатных состояниях.

Оксиды могут быть бесцветными (углекислый газ или вода), а могут иметь яркую окраску, как, например, оксид азота(IV), называемый за свой цвет лисьим хвостом.

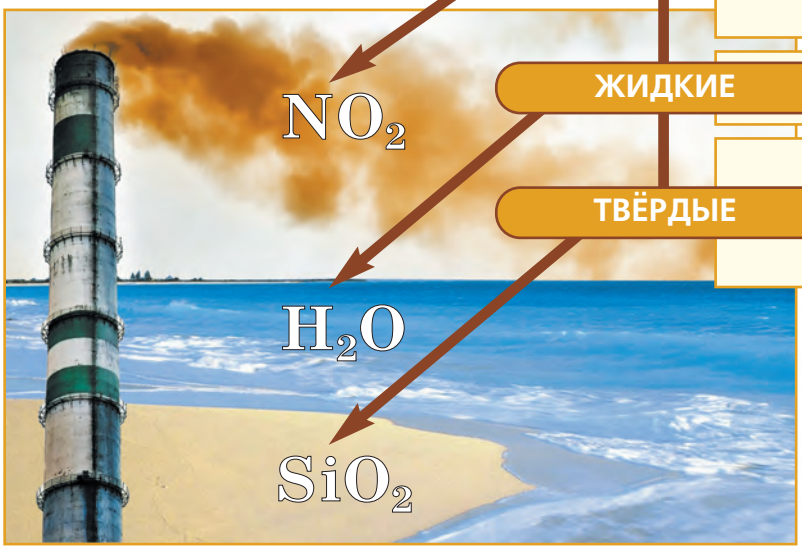
2.10. Разложение малахита



ОКСИДЫ

- **ГАЗООБРАЗНЫЕ** — CO_2, NO_2 (лисий хвост), N_2O (составная часть газовой смеси для наркоза)
- **ЖИДКИЕ** — H_2O, Cl_2O_7
- **ТВЁРДЫЕ** — Fe_2O_3 (основная часть ржавчины), SiO_2 (основная часть речного песка)

2.11. Разнообразие оксидов



Разные оксиды, даже образованные одним и тем же химическим элементом, по-разному растворяются в воде. Например, углекислый газ CO_2 очень хорошо растворяется, а угарный газ CO практически нерастворим.

С физическими свойствами оксидов вы будете знакомиться постепенно, по мере изучения свойств химических элементов и их соединений.

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Домашний эксперимент.

«ПОМОЩНИК»

- Подумайте, какие оксиды есть у вас дома.
- Опишите их физические свойства и с помощью справочников (в том числе и размещённых в Интернете) установите их качественный и количественный состав.

Углерод образует два оксида — угарный газ CO и углекислый газ CO_2. Оксид углерода(II) не имеет цвета и запаха и очень ядовит. Оксид углерода(IV) не ядовит, но не поддерживает дыхание. Однако если из воздуха полностью убрать углекислый газ, то человек не сможет дышать: дыхательные движения рефлекторны и вызываются действием углекислого газа на дыхательный центр головного мозга.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Какие вещества относят к классу оксидов?
- Как получают оксиды?
- Какими физическими свойствами обладают оксиды?
- Составьте презентацию о разнообразии оксидов в природе.

16 ВОДОРОД

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Где в природе встречается водород.
- Как получают водород в промышленности и в лаборатории.
- Какими физическими свойствами обладает водород.
- Меры предосторожности при работе с водородом.

ВСПОМНИТЕ:

- Как получают кислород в промышленности и в лаборатории?
- Какими физическими свойствами обладает кислород?
- Что называют Мировым океаном и каковы запасы воды в нём?

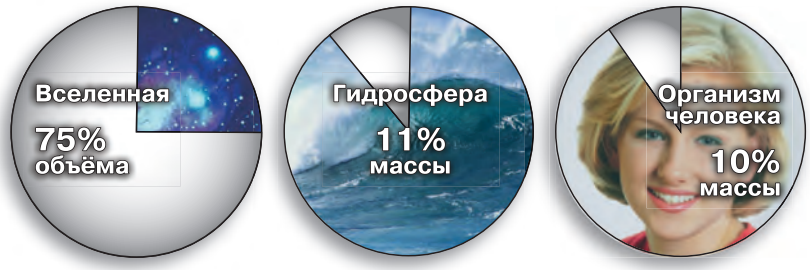
«Обычно, чтобы подчеркнуть значение того или иного элемента, говорят: если бы его не было, то случилось бы то-то и то-то. Но, как правило, это не более чем риторический приём. А вот водорода может когда-нибудь действительно не стать, потому что он непрерывно сгорает в недрах звёзд, превращаясь в инертный гелий. И когда запасы водорода иссякнут, жизнь во Вселенной станет невозможной — и потому, что погаснут солнца, и потому, что не станет воды...»

(Популярная библиотека химических элементов)

ВОДОРОД В ПРИРОДЕ Водород — самый распространённый химический элемент: основная масса звёзд и межзвёздного газа приходится на водород. На Земле водород в свободном состоянии встречается крайне редко, но он входит в состав многих сложных веществ. Без атомов водорода невозможно образование органических веществ, из которых построены живые организмы, в том числе и организм человека. Огромные запасы водорода сконцентрированы в Мировом океане.

H 1
Водород
1,00794

Химический знак водорода — H
Относительная атомная масса — 1
Химическая формула простого вещества — H_2
Относительная молекулярная масса — 2



2.12. Содержание водорода в различных средах

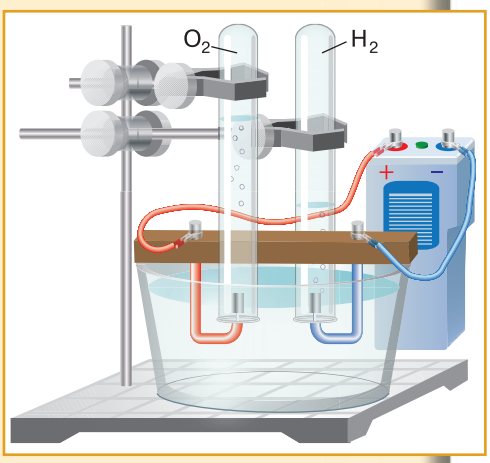
ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА Наиболее доступным сырьём для промышленного получения водорода является вода. Если через неё пропускать постоянный ток, то получаются два газа — водород и кислород:

$$2H_2O = 2H_2\uparrow + O_2\uparrow$$

Этот процесс называют электролизом.

В промышленности для электролиза используют не воду, водный раствор поваренной соли, и в результате получают не одно, а три ценных вещества:

$$2NaCl + 2H_2O = \underset{\text{едкий натр}}{2NaOH} + Cl_2\uparrow + H_2\uparrow$$



2.13. Электролиз

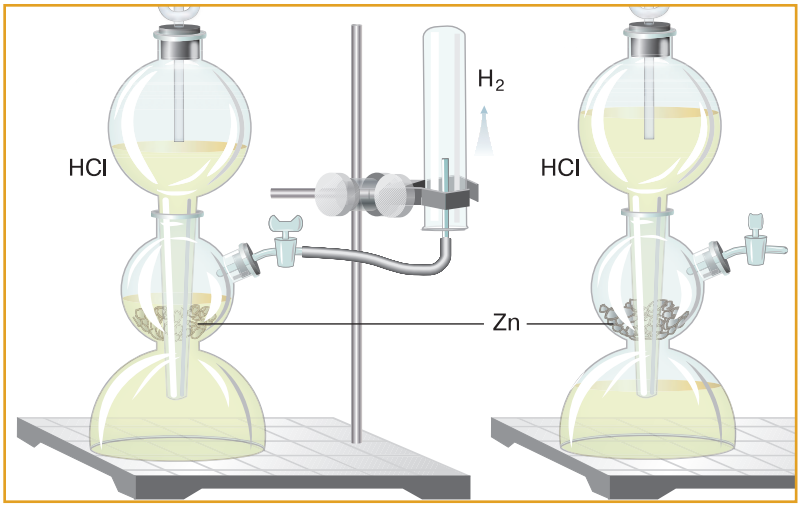
В лаборатории получать водород электролизом неудобно, поэтому используют другие способы, например взаимодействием цинка и раствора соляной кислоты:

$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2\uparrow$$

Для получения больших объёмов водорода эту химическую реакцию проводят в аппарате Киппа.

Если в аппарате Киппа открыть верхний кран, водород из центрального шара будет выходить наружу и давление в нём уменьшится. Раствор соляной кислоты из воронки перельётся в нижнюю полусферу и достигнет поверхности цинка. Начнётся химическая реакция, в результате которой будет выделяться водород.

Если закрыть кран на газоотводной трубке, выделяющийся водород будет скапливаться в центральном шаре и вытеснять раствор кислоты в воронку. Контакт цинка с кислотой прекратится, соответственно прекратится и химическая реакция.



2.14. Получение водорода в аппарате Киппа

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДОРОДА При обычных условиях водород — газ без цвета, запаха и вкуса. К этому газу применим эпитет «самый»: самый лёгкий из всех газов (в 14,5 раза легче воздуха), самый плохорастворимый, газ с самой низкой температурой кипения и плавления, близкой к абсолютному нулю.

МЕРЫ ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ВОДОРОДОМ Смеси водорода с воздухом взрывоопасны. Перед началом работы с водородом его необходимо проверить на чистоту: пробирку наполняют водородом и подносят её отверстием к пламени спиртовки или газовой горелки. Если раздаётся резкий, «лающий» звук, водород содержит примесь воздуха и работать с ним нельзя, глухой хлопок — чистота водорода достаточна, с ним можно работать.

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Получение водорода.

«ПОМОЩНИК»

- Подготовьте две сухие чистые пробирки.
- Зажгите спиртовку (газовую горелку).
- Откройте пробирку с газоотводной трубкой и опустите в неё 1–2 гранулы цинка.
- Добавьте к цинку 1–2 мл раствора соляной кислоты HCl.
- Плотно закройте пробирку пробкой с газоотводной трубкой и закрепите её вертикально в лапке штатива.
- Наденьте на газоотводную трубку сухую чистую пробирку так, чтобы свободный конец трубки доходил почти до самого дна пробирки.
- Через 15–20 с снимите пробирку с газоотводной трубки и, не переворачивая её, поднесите отверстие пробирки к пламени спиртовки (газовой горелки).
- Повторите опыт, заполняя пробирку водородом не менее 1 мин.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Как получают водород в промышленных и лабораторных условиях?
- Какими физическими свойствами обладает водород?
- Опишите, как проверяют водород на чистоту.

17

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДОРОДА

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Основные химические свойства водорода.
- Какие химические реакции называют реакциями восстановления.

ВСПОМНИТЕ:

- Основные химические свойства кислорода.
- Какие реакции называют реакциями окисления?
- Почему известное вам определение реакций окисления и окислителя требует уточнения?
- Что нужно сделать до начала работы с водородом?

Химические свойства водорода разнообразны: он энергично реагирует с большинством неметаллов, с активными металлами, вступает в химические реакции со многими сложными веществами. Водород ненамного уступает по своей химической активности кислороду. Пока мы познакомимся лишь с некоторыми примерами химических свойств водорода.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОДОРОДА С ПРОСТЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Водород вступает в химические реакции с простыми веществами — неметаллами.

При обычных условиях водород с кислородом не взаимодействует. Для начала химической реакции необходимо водород поджечь. Чистый водород горит неслышным почти бесцветным пламенем. Смесь водорода с кислородом или воздухом при поджигании взрывается:

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

Химическая реакция водорода с серой идёт при нагревании. В результате образуется сероводород — газ, обладающий неприятным запахом, напоминающим запах тухлых яиц:

$$H_2 + S = \underset{\text{сероводород}}{H_2S}$$

В темноте или на рассеянном неярком свету водород с хлором не взаимодействует. При поджигании водород горит в хлоре спокойным пламенем. Смесь водорода и хлора при ярком освещении или поджигании взрывается:

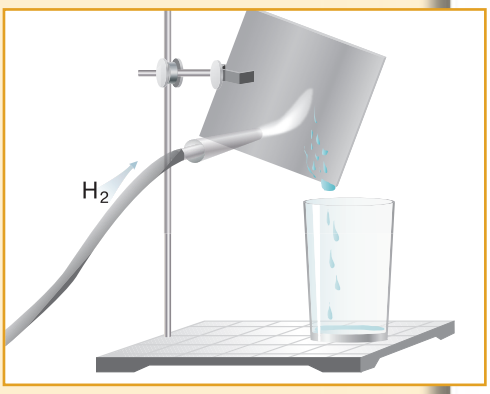
$$H_2 + Cl_2 \overset{t}{=} \underset{\text{хлороводород}}{2HCl}$$

При обычных условиях водород с азотом не взаимодействует. Чтобы между этими веществами началась химическая реакция, необходимо вещества нагреть, значительно повысить давление и добавить в смесь веществ порошок железа:

$$3H_2 + N_2 \overset{t}{=} \underset{\text{аммиак}}{2NH_3}$$

Водород может вступать в химические реакции с активными металлами, например с натрием или кальцием:

$$H_2 + 2Na \overset{t}{=} \underset{\text{гидрид натрия}}{2NaH} \qquad H_2 + Ca \overset{t}{=} \underset{\text{гидрид кальция}}{CaH_2}$$



2.15. *Горение водорода*

2.16. *Взаимодействие водорода с хлором*

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОДОРОДА СО СЛОЖНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

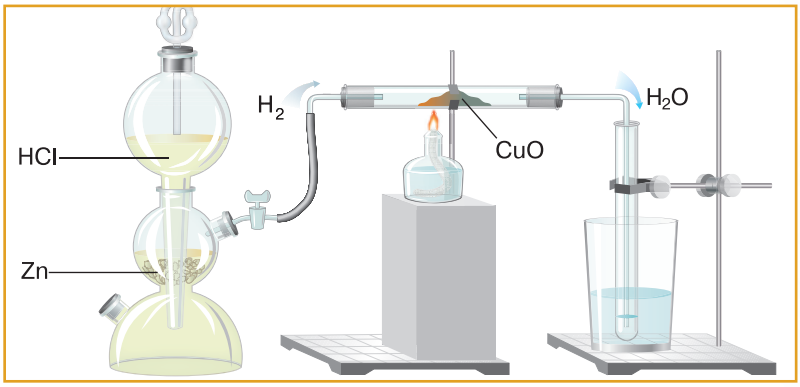
Водород вступает в химические реакции со многими сложными веществами, но, пока вы знакомы только с одним классом неорганических соединений, мы рассмотрим лишь взаимодействие водорода с оксидами металлов. Эти химические реакции протекают при нагревании:

$$Fe_2O_3 + 3H_2 \overset{t}{=} 2Fe + 3H_2O$$

$$CuO + H_2 \overset{t}{=} Cu + H_2O$$

ВОДОРОД КАК ВОССТАНОВИТЕЛЬ

Как вы помните, оксиды металлов образуются в результате окисления металлов кислородом. Действие водорода на оксиды металлов приводит к их восстановлению в исходное состояние.



2.17. Реакция восстановления

Водород называют восстановителем, а химические реакции оксидов металлов с водородом — реакциями восстановления, в результате которых образуются простые вещества-металлы и вода.

На свойстве водорода восстанавливать металлы из их оксидов основано промышленное получение чистых металлов.

При определённых условиях водород вступает в химические реакции с растительными маслами, например с подсолнечным маслом. На этом свойстве водорода основано получение маргарина — заменителя сливочного масла.

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Водород как восстановитель.

«ПОМОЩНИК»

- Соберите прибор для получения водорода.
- Проверьте водород на чистоту.
- Поместите в сухую пробирку $^1/_2$ ложки-дозатора порошка оксида меди(II) и закрепите её в лапке штатива.
- Откройте зажим на газоотводной трубке прибора Кирюшкина и пропускайте водород над оксидом меди(II).
- Прогрейте пламенем спиртовки (газовой горелки) всю пробирку, затем нагревайте оксид меди(II).
- После окончания химической реакции погасите спиртовку (газовую горелку), затем закройте зажим на газоотводной трубке прибора Кирюшкина.

Так же как в случае с кислородом, вы скоро познакомитесь с реакциями восстановления, в которых восстановителем является не водород, а другие вещества.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Назовите основные химические свойства водорода.
- Какие химические реакции называют реакциями восстановления?

18 ОКСИД ВОДОРОДА — ВОДА

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Какими физическими свойствами обладает вода.
- Что такое растворимость веществ.
- Какие бывают растворы.
- Как очищают природную воду от примесей.

ВСПОМНИТЕ:

- Где в природе встречается вода и в каких агрегатных состояниях?
- Какое значение имеет вода для жизни на Земле?

Вода — вещество, знакомое каждому и потому кажущееся таким простым и привычным. Мы не думаем о воде, когда её столько, сколько нам нужно, но вспоминаем о ней, когда воды не хватает или оказывается слишком много. О водных ресурсах нашей страны вы узнаете на уроках географии, а мы посмотрим на это вещество глазами химика.

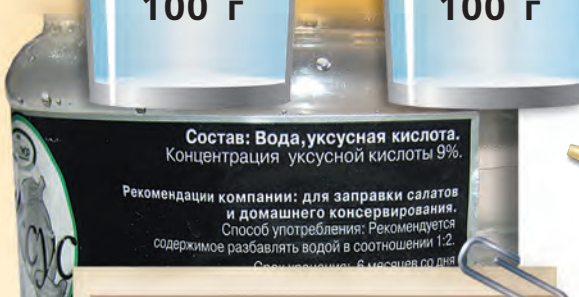
ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ Оксид водорода при обычных условиях представляет собой бесцветную прозрачную жидкость без запаха и вкуса. В толстых слоях оксид водорода имеет синий цвет. При охлаждении ниже 0 °С вода переходит в твёрдое состояние, образуя бесцветные прозрачные кристаллы. При 100 °С и нормальном давлении вода закипает и переходит в газообразное состояние. Вода очень хороший растворитель, в котором растворяются все вещества.

РАСТВОРИМОСТЬ ВЕЩЕСТВ Многие вещества растворяются в воде, но в разной степени. Например, в 100 г воды можно растворить 200 г сахара, а для растворения 1 г сульфида свинца(II) не хватит всей пресной воды, которая есть на Земле.

Условились разделять вещества на три группы в зависимости от массы вещества, которую можно растворить в 100 г воды.

Сведения о растворимости веществ в воде вы найдёте в таблице растворимости в разделе «Приложение» этого учебника.

2.18. Вещества растворимые, малорастворимые, практически нерастворимые



Массовую долю растворённого вещества в растворе часто выражают не в долях единицы, а в процентах: например, пишут не 0,135, а 13,5 %. Поэтому в быту мы называем массовую долю растворённого вещества процентной концентрацией.

Количественной характеристикой содержания растворённого вещества служит массовая доля растворённого вещества в растворе:

$$w = \frac{m(\text{в-ва})}{m(\text{р-ра})},$$

где m(в-ва) — масса растворённого вещества; m(р-ра) — масса раствора.

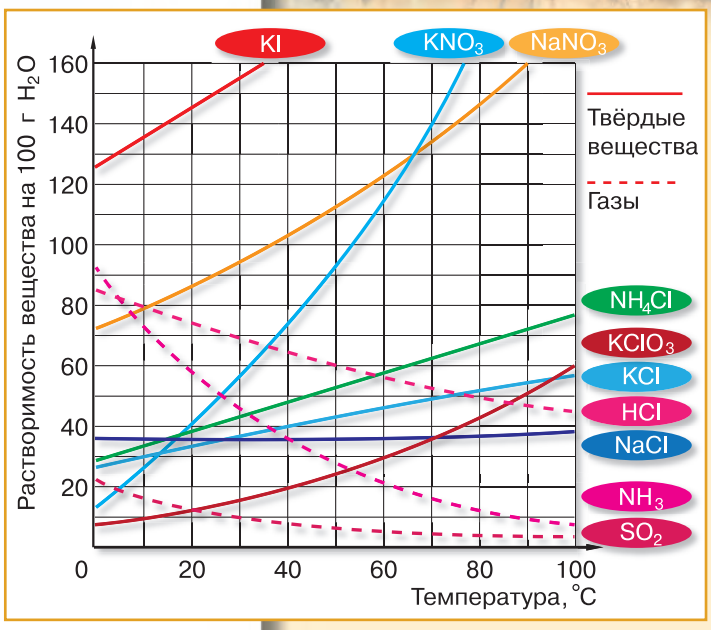
Массовая доля растворённого вещества в растворе — отношение массы растворённого вещества к массе раствора.

Массовая доля растворённого вещества всегда меньше 1 (100 %).

ВИДЫ РАСТВОРОВ Растворимость вещества в воде зависит от температуры, при которой это вещество растворяют. Растворимость всех газов с повышением температуры уменьшается, а твёрдых веществ, как правило, увеличивается. При определённой температуре в воде может раствориться вполне определённая масса вещества и новые порции вещества, добавляемые в раствор, уже не будут растворяться. Такие растворы называют **насыщенными**.

Добавление воды к насыщенному раствору приводит к его разбавлению, и образуется **ненасыщенный** раствор.

Если же насыщенный раствор нагреть, то в нём можно растворять дополнительные порции вещества. При охлаждении полученного раствора может образоваться **пересыщенный** раствор с концентрацией растворённого вещества, большей, чем в насыщенном растворе. Пересыщенные растворы очень неустойчивы и разрушаются даже при встряхивании. Однако при очень осторожном охлаждении некоторых пересыщенных растворов, например тиосульфата натрия (используется в фотографии в качестве закрепителя), дополнительно введённые порции вещества остаются в растворе и не выпадают в осадок.



2.19. Кривые растворимости

ПОЛУЧЕНИЕ ЧИСТОЙ ВОДЫ Природная вода всегда содержит растворённые вещества. Для получения чистой воды её нагревают до кипения, а потом водяной пар охлаждают. Очистку воды, например в аптеках или химических лабораториях, проводят в автоматических дистилляторах, где вода нагревается до кипения, а образующийся пар поступает в конденсатор и вытекает в виде дистиллированной воды.

Вода благоволила литься!
Она блистала, столь чиста,
Что — ни напиться, ни умыться,
И это было неспроста.
Ей не хватало ивы, тала
И горечи цветущих лоз.
Ей водорослей не хватало
И рыбы, жирной от стрекоз.
Ей не хватало быть волнистой,
Ей не хватало течь везде.
Ей жизни не хватало —
Чистой, Дистиллированной Воде!

Л.Н. Мартынов

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Домашний эксперимент.

«ПОМОЩНИК»

- При комнатной температуре сравните растворимость в воде:
  - поваренной соли;
  - пищевой (питьевой) соды;
  - крахмала.
- Составьте отчёт о результатах эксперимента по такой же форме, как вы составляли отчёт к лабораторному опыту № 9.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Какими физическими свойствами обладает вода?
- Что такое растворимость веществ?
- Какие бывают растворы?
- Как очищают природную воду от примесей?

19 ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОДЫ С МЕТАЛЛАМИ

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- С какими металлами и при каких условиях вода вступает в химические реакции.
- Почему иногда нельзя тушить пожары водой.

ВСПОМНИТЕ:

- Какие вы знаете активные металлы?
- Что происходит с чугунными и стальными изделиями при длительном нахождении под открытым небом?

Вода не только растворяет вещества, но и со многими из них вступает в химические реакции. Знакомство с химическими свойствами воды займёт несколько уроков. Сначала мы рассмотрим взаимодействие воды с металлами: ведь именно эти процессы оказываются причиной коррозии.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОДЫ С ОЧЕНЬ АКТИВНЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Химическая реакция воды с активными металлами протекает с выделением водорода и большого количества теплоты.

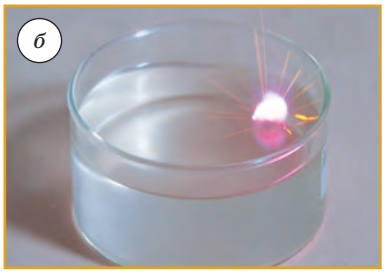
При взаимодействии воды с натрием от выделяющейся теплоты натрий плавится. Если для реакции взять много натрия, может произойти взрыв:

$$2H_2O + 2Na = \underset{\text{едкий натр}}{2NaOH} + H_2\uparrow$$

В ходе реакции воды с калием выделяется так много теплоты, что не только плавится калий, но и самовозгорается водород. Если для реакции взять слишком много калия, может произойти взрыв:

$$2H_2O + 2K = \underset{\text{едкое кали}}{2KOH} + H_2\uparrow$$

2.20. Реакция очень активных металлов с водой: а) лития; б) калия; в) натрия



Вещества NaOH и KOH относятся к классу оснований, с которым вы познакомитесь через несколько уроков.

2.21. Взаимодействие магния с водой

Если металлу соответствует растворимое основание, в результате реакции металла с водой образуется основание и выделяется водород. Реакция протекает при обычных условиях.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОДЫ С АКТИВНЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Менее активные металлы, такие, как, например, магний, вступают в реакции с водой при нагревании:

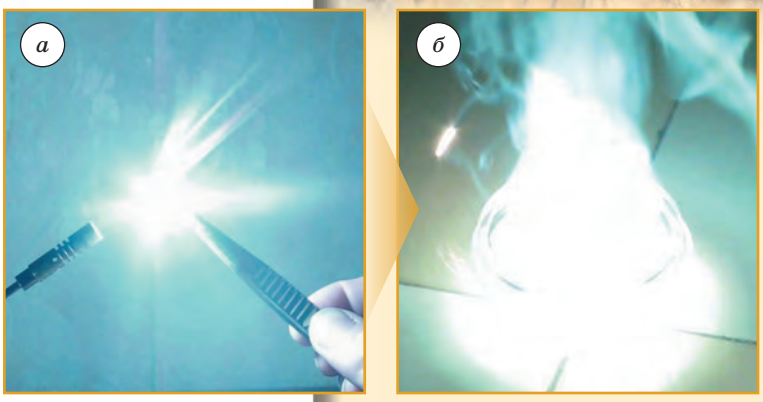
$$H_2O + Mg \overset{t}{=} MgO + H_2\uparrow$$

Если горящий магний опустить в воду, то может произойти сильный взрыв. При этом протекают процессы, которые описываются следующими уравнениями химических реакций:

$$2Mg + O_2 = 2MgO$$

$$Mg + H_2O = MgO + H_2\uparrow$$

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$



2.22. Поджигаем магний (а), опускаем его в воду (б)

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОДЫ С МАЛОАКТИВНЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Малоактивные металлы, например олово, взаимодействуют с водой очень медленно. Чтобы заметить образование новых веществ — оксида металла и водорода, необходимо проводить химическую реакцию при постоянном нагревании:

$$Sn + H_2O = SnO + H_2\uparrow$$

Если металлу соответствует нерастворимое основание, в результате реакции образуется оксид металла и выделяется водород. Реакция протекает при постоянном нагревании (малоактивные металлы), или для неё требуется начальное нагревание (активные металлы).

2.23. Камчатка. Горячие железистые источники

Активность металла можно определить с помощью ряда Бекетова.

Очень активные металлы	Активные металлы	Малоактивные металлы		Неактивные металлы
K Ca Na Ba	**Mg Zn**	**Fe Ni Sn Pb**	**(H_2)**	**Cu Hg Ag Pt Au**
Основание и водород	Оксид металла и водород	Оксид металла и водород		Не взаимодействуют с водой

2.24. Ряд активности металлов Бекетова

Магний и алюминий в виде очень тонких порошков входят в состав напалма — боевого зажигательного вещества, которое использовалось армией США во время войны во Вьетнаме в 60-х гг. XX в. Горящий напалм прилипает к любой поверхности, и удалить его очень трудно. Вьетнамские партизаны, боровшиеся за независимость своей страны, пытались тушить напалм водой, что приводило к взрыву.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- С какими металлами и при каких условиях вода вступает в химические реакции?
- Объясните, почему горящие металлы нельзя тушить водой.

20 ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОДЫ С ОКСИДАМИ МЕТАЛЛОВ

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Что получается, если оксид металла поместить в воду.
- Как обнаружить протекание химической реакции, если отсутствуют её признаки.

ВСПОМНИТЕ:

- В каких случаях взаимодействие металла с водой протекает при обычных условиях?

Оксид водорода, обладая высокой химической активностью, взаимодействует со многими сложными веществами. Без участия воды не смогли бы протекать многие химические процессы в живых организмах. Но такие реакции, как правило, очень сложны и подробно не изучаются в школьном курсе химии. Сейчас мы обратимся к более простым химическим реакциям.

ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ С ВОДОЙ В ходе химической реакции выделяется такое большое количество теплоты, что добавляемые порции воды закипают.

$$H_2O + Na_2O = \underset{\text{едкий натр}}{2NaOH}$$

$$H_2O + BaO = \underset{\text{едкий барит}}{Ba(OH)_2}$$

$$H_2O + CaO = \underset{\text{гашёная известь}}{Ca(OH)_2}$$

2.25. Взаимодействие оксида кальция с водой

С водой взаимодействуют оксиды только тех металлов, которым соответствуют растворимые **основания**.

Основания — сложные вещества, в состав которых входит один атом металла и группа атомов OH — гидроксогруппа.

Валентность гидроксогруппы равна единице.

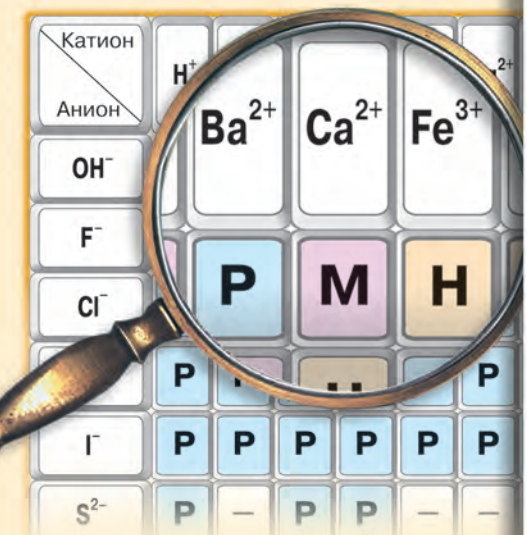
Число гидроксогрупп в составе основания равно валентности атомов металла.

Валентность металла

I	II	II
Na OH	Ba $(OH)_2$	Ca $(OH)_2$

Число гидроксогрупп

Для определения растворимости оснований используют таблицу растворимости.



Если металлу соответствует растворимое или малорастворимое основание, оксид металла взаимодействует с водой с образованием основания.

Растворимые основания — **щёлочи** — очень едкие жидкости, при попадании на кожу они могут вызвать сильнейшие ожоги. При работе с ними необходимо соблюдать осторожность: надевать защитные очки, использовать шпатель. При попадании раствора щёлочи на руки их необходимо промыть большим количеством воды.

Щёлочи хорошо известны с давних времён. Для них характерны исторические названия: едкий натр, гашёная известь. Как правильно составлять названия оснований вы узнаете на следующем уроке.

ИНДИКАТОРЫ Чтобы определить образование растворимых оснований в результате химических реакций воды с металлами и оксидами металлов, используют специальные вещества — **индикаторы**.

Индикатор — сложное органическое вещество, изменяющее свою окраску под действием растворов веществ.

Когда раствор индикатора добавляют к раствору основания, наблюдается изменение окраски раствора.

Название индикатора	Цвет в воде	Цвет в растворе основания
Метиловый оранжевый, или метилоранж	Оранжевый	Жёлтый
Лакмус	Фиолетовый	Синий
Фенолфталеин	Бесцветный	Малиновый

Продукт взаимодействия оксида кальция с водой — гашёная известь — используется в разных сферах человеческой деятельности. Её применяют в качестве строительного раствора, с помощью которого скрепляются друг с другом кирпичи, тёсанные камни, блоки. Она используется для нанесения разметки на футбольных и теннисных полях, а также для приготовления смеси для борьбы с болезнями растений и побелки стволов.

Для обнаружения в растворах оснований полоски пористой бумаги пропитывают раствором индикатора. Особенно часто используют универсальные индикаторные бумажки, которые в чистой воде имеют жёлто-оранжевую окраску, а в растворе основания в зависимости от концентрации раствора — разные оттенки синего.

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Домашний эксперимент.

«ПОМОЩНИК»

- Свою окраску под действием растворов веществ изменяют многие вещества, имеющиеся в каждом доме.
- Выявить такие «домашние» индикаторы вам поможет раствор стиральной (кальцинированной) соды или прозрачный раствор хозяйственного мыла.
- Напишите любое слово синей шариковой ручкой, а затем протрите его ваткой, смоченной в приготовленном растворе.
- Проверьте, изменят ли свою окраску под действием раствора соды или мыла виноградный сок, раствор вишнёвого или малинового варенья.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Какие вещества образуются в результате химической реакции между оксидом металла и водой?
- Как обнаружить протекание химической реакции, если отсутствуют её признаки?
- Составьте презентацию об использовании гашёной извести.

21 ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОДЫ С ОКСИДАМИ НЕМЕТАЛЛОВ

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Какие вещества называют гидроксидами.
- Что получается при добавлении воды к оксидам неметаллов.
- Каковы правила составления названий гидроксидов.

ВСПОМНИТЕ:

- Какие вещества образуются при взаимодействии воды с металлами и оксидами металлов?
- Что такое индикатор и для чего его используют?

Взаимодействие воды с активными металлами и их оксидами приводит к образованию новых веществ — оснований. Могут ли оксиды неметаллов растворяться в воде? Какие вещества образуются в результате этого взаимодействия? Попробуем вместе найти ответы на эти вопросы.

ГИДРОКСИДЫ В этом термине нашёл отражение способ получения соединений данного класса: первый корень «гидр» взят от греческого слова «вода», а с термином «оксид» вы уже знакомы. Таким образом, гидроксиды — это вещества, которые образуются в результате химических реакций между оксидами и водой:

$$\underset{\text{оксид натрия}}{Na_2O} + H_2O = \underset{\text{гидроксид натрия}}{2NaOH}$$

$$\underset{\text{оксид кальция}}{CaO} + H_2O = \underset{\text{гидроксид кальция}}{Ca(OH)_2}$$

2.26. Отношение к воде оксида кальция (вверху), оксидов кремния и углерода(IV) (внизу)

При взаимодействии оксидов металлов с водой образуются гидроксиды металлов. Гидроксиды металлов называют **основаниями.**

ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ОКСИДОВ НЕМЕТАЛЛОВ С ВОДОЙ

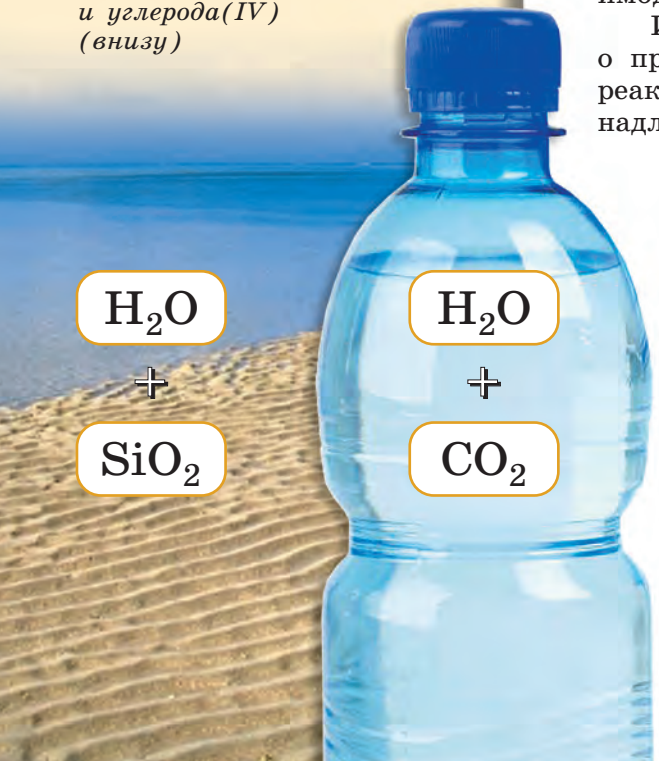
Можно предположить, что и оксиды неметаллов взаимодействуют с водой с образованием гидроксидов.

Изменение окраски индикаторов свидетельствует о протекании химической реакции, но в результате реакции образовалось не основание, а вещество, принадлежащее к другому классу — классу кислот:

$$CO_2 + H_2O = \underset{\text{угольная кислота}}{H_2CO_3}$$

$$P_2O_5 + 3H_2O = \underset{\text{фосфорная кислота}}{2H_3PO_4}$$

$$SO_3 + H_2O = \underset{\text{серная кислота}}{H_2SO_4}$$



Взаимодействие оксидов неметаллов с водой возможно только в том случае, если в результате реакции образуется растворимое в воде вещество. Например, оксид кремния(IV) не взаимодействует с водой, потому что в результате реакции должно было бы образоваться нерастворимое в воде соединение H_2SiO_3.

Гидроксиды неметаллов — кислоты — изменяют окраску индикаторов не так, как гидроксиды металлов — основания. Сравните:

Название индикатора	Цвет в растворе основания	Цвет в растворе кислоты
Метиловый оранжевый, или метилоранж	Жёлтый	Красный
Лакмус	Синий	Красный
Фенолфталеин	Малиновый	Бесцветный

НОМЕНКЛАТУРА ГИДРОКСИДОВ Номенклатура гидроксидов — оснований — отличается от номенклатуры гидроксидов — кислот.

ГИДРОКСИДЫ МЕТАЛЛОВ	ГИДРОКСИДЫ НЕМЕТАЛЛОВ
Na OH гидроксид натрия	H NO_3 азотная кислота
Cu $(OH)_2$ гидроксид меди (II)	H_2 Si O_3 кремниевая кислота

2.27. Правила составления названий гидроксидов

ПРОСТЫЕ ВЕЩЕСТВА

Металлы	Неметаллы
Оксиды металлов, или основные оксиды	Оксиды неметаллов, или кислотные оксиды
Гидроксиды металлов, или основания	Гидроксиды неметаллов, или кислоты

2.28. Классификация веществ

Наверное, каждый, кто имеет автомобиль, знает, что в его аккумулятор заливают электролит. Это раствор серной кислоты.

Художники, работая над офортами, используют азотную кислоту. Само название этого вида гравюр происходит от старинного французского названия азотной кислоты — *eau forte* (сильная вода).

HNO_3 — азотная кислота
H_2SO_4 — серная кислота
H_2CO_3 — угольная кислота
H_3PO_4 — фосфорная кислота

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Домашний эксперимент.

«ПОМОЩНИК»

Воспользуйтесь обнаруженными вами «домашними» индикаторами и проверьте, как они изменяют свою окраску под действием растворов 6%-ного уксуса (осторожно: едкое вещество!) и лимонного сока.

Некоторые неметаллы образуют несколько гидроксидов, например:
H_2SO_4 — серная кислота и H_2SO_3 — сернистая кислота;
$HClO_4$ — хлорная кислота и $HClO_3$ — хлорноватая кислота.
Названия и формулы кислот вы будете запоминать постепенно.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Какие вещества называют гидроксидами?
- Что получается при добавлении воды к оксидам неметаллов?
- Каковы правила составления названий гидроксидов?
- Приведите конкретные примеры для схемы 2.28.

22 СОСТАВ КИСЛОТ. СОЛИ

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Что кислотами могут быть не только гидроксиды неметаллов.
- Что общего и чем различаются кислоты по составу.
- Что вещества, не имеющие солёного вкуса, являются солями.

ВСПОМНИТЕ:

- Как изменяется окраска индикаторов в растворах гидроксидов неметаллов?

Для получения водорода вы использовали гранулы металла цинка и раствор соляной кислоты HCl. Но по своему составу соляная кислота не подпадает под определение кислоты как гидроксида неметалла. Это значит, что данное определение нуждается в уточнении, так как не охватывает все вещества данного класса.

КИСЛОТЫ К кислотам, кроме гидроксидов неметаллов, также относят водные растворы водородных соединений некоторых неметаллов:

HF — фтороводородная кислота;
HCl — хлороводородная кислота;
HBr — бромоводородная кислота;
HI — иодоводородная кислота;
H_2S — сероводородная кислота.

Водные растворы этих газов обладают свойствами, сходными со свойствами гидроксидов неметаллов. Например, растворы хлороводородной (соляной) и серной кислот одинаково изменяют окраску индикаторов, а при добавлении в эти растворы цинка наблюдается выделение водорода:

$$2HCl + Zn = ZnCl_2 + H_2$$

$$H_2SO_4 + Zn = ZnSO_4 + H_2$$

Кислоты — сложные вещества, образованные атомами водорода, которые могут замещаться атомами металла, и кислотным остатком.

СОСТАВ КИСЛОТ Сравнивая состав разных кислот, можно обнаружить, что:

1) в молекулах всех кислот есть атомы водорода, которые при определённых условиях могут замещаться атомами металлов;

2) кроме атомов водорода, в молекулах кислот есть атомы неметаллов или группы атомов, состоящие из одного атома неметалла и нескольких атомов кислорода. При реакции кислот с металлами эти атомы или группы атомов без изменения переходят в состав нового сложного вещества.

Чтобы назвать кислотный остаток, к корню латинского названия неметалла добавляют:

1) суффикс «ид», если в составе кислотного остатка нет атомов кислорода:

S — сульфид, Cl — хлорид;

2) суффикс «ат», если в составе кислотного остатка есть атомы кислорода:

SO_4 — сульфат, ClO_3 — хлорат.

Фтороводородную кислоту получают из природного минерала плавикового шпата. Отсюда тривиальное название этого вещества — плавиковая кислота. В тривиальном названии хлороводородной кислоты — соляная кислота — также нашёл отражение один из способов получения её из поваренной соли.

2.29. Схема составления названий солей

$$2H\,Cl + Zn = Zn\,Cl_2 + H_2\uparrow$$

хлорид цинка

$$H_2\,SO_4 + Zn = Zn\,SO_4 + H_2\uparrow$$

сульфат цинка

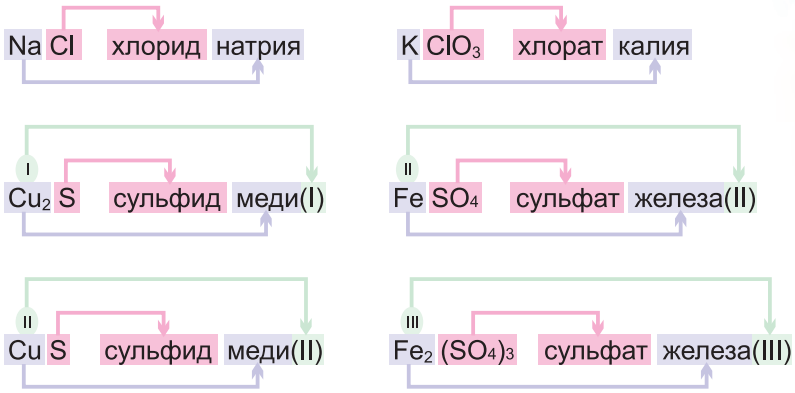
КЛАССИФИКАЦИЯ КИСЛОТ Кислоты можно классифицировать по разным признакам, или, как говорят, по разным основаниям.

Признак	Классификация кислот
Число атомов водорода	Одноосновные: HF, HNO_3
	Двухосновные: H_2S, H_2SO_4
	Трёхосновные: H_3PO_4, H_3AsO_4
Наличие атомов кислорода	Бескислородные: HCl, H_2S
	Кислородосодержащие: H_2SO_4, HNO_3

Основность кислоты — число атомов водорода в молекуле кислоты, которые могут быть замещены атомами металла. Валентность кислотного остатка равна основности кислоты.

СОЛИ В результате взаимодействия растворов кислот с металлами образуются сложные вещества, состоящие из атомов металлов и кислотных остатков. Такие соединения относят к классу солей. Правила составления названий солей показаны на схеме.

2.30. Правила составления названий солей



Очень многие вещества, которые нас окружают, относятся к классу солей: алебастр $CaSO_4$ — сульфат кальция; стиральная сода Na_2CO_3 — карбонат натрия; медный купорос $CuSO_4$ — сульфат меди(II); поваренная соль NaCl — хлорид натрия; силикатный клей Na_2SiO_3 — силикат натрия.

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение свойств солей.

«ПОМОЩНИК»

- В склянках находятся твёрдые соли: карбонат натрия, карбонат кальция, сульфат меди(II) и хлорид железа(III).
- Опишите внешний вид этих веществ.
- Возьмите 4 пробирки и поместите в них по $^1/_4$ ложки-дозатора каждой соли.
- Долейте в пробирки по 2–3 мл воды и тщательно перемешайте.
- Запишите наблюдения.

Соли азотной кислоты иногда называют селитрами:
$NaNO_3$ — чилийская селитра;
KNO_3 — индийская селитра;
$Ca(NO_3)_2$ — норвежская селитра.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Какие вещества называются кислотами?
- Что общего и чем различаются кислоты по составу?
- Какие вещества относятся к классу солей?
- Используя схему 2.29, приведите свои примеры солей.

23 СВОЙСТВА КИСЛОТ

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Какими общими свойствами обладают кислоты.
- Чем серная и азотная кислоты отличаются от других кислот.

ВСПОМНИТЕ:

- Каков состав кислот?
- Как изменяется окраска индикаторов в растворах кислот?
- Какие вещества образуются при взаимодействии растворов кислот с металлами?

Человек использует кислоты для получения многих необходимых ему веществ. Например, некоторые лекарственные препараты изготавливаются с использованием азотной и серной кислот. Без соляной кислоты нельзя получить поливинилхлорид (ПВХ), из которого изготавливают водопроводные трубы. Поэтому важно знать химические свойства кислот.

ОБЩИЕ СВОЙСТВА КИСЛОТ Наличие в молекулах кислот атомов водорода обусловливает их общие свойства. Два свойства растворов кислот вы уже знаете:

1) растворы разных кислот одинаково изменяют окраску индикаторов;

2) растворы большинства кислот вступают в химические реакции с металлами, образуя водород и соли. Уточним возможности протекания таких химических реакций.

Взаимодействуют с растворами кислот		Не взаимодействуют с растворами кислот
K Ca Na Ba Mg Al Zn Fe Ni Sn Pb	**(H_2)**	**Cu Hg Ag Pt Au**
Соль и водород		

2.31. Взаимодействие соляной кислоты с цинком (а); отсутствие взаимодействия с медью (б)

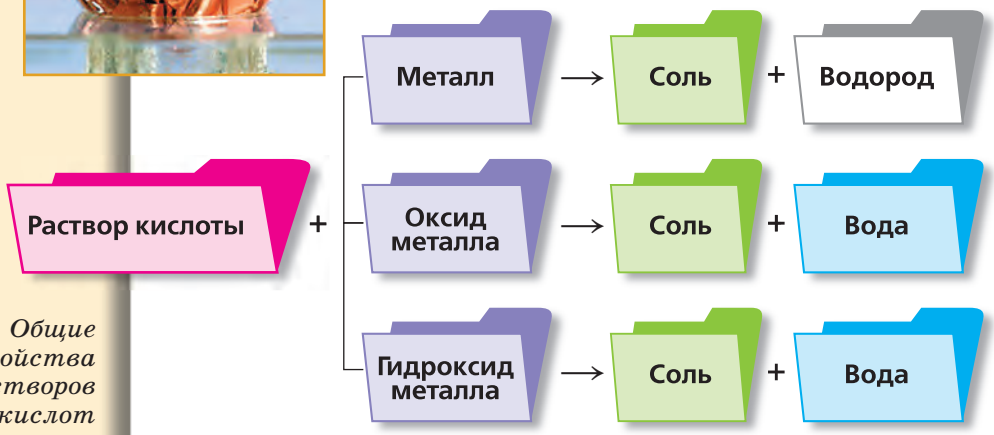
Соли металлов, которые в этом ряду расположены правее водорода, получают из оксидов металлов:

$$CuO + 2HCl = CuCl_2 + H_2O$$

$$Ag_2O + 2HNO_3 = 2AgNO_3 + H_2O$$

Вместо оксидов можно взять и гидроксиды металлов, например:

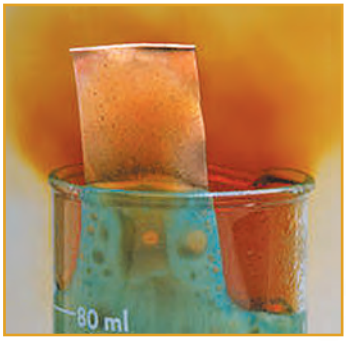
$$Cu(OH)_2 + H_2SO_4 = CuSO_4 + H_2O$$



2.32. Общие свойства растворов кислот

ОСОБЕННОСТИ СЕРНОЙ И АЗОТНОЙ КИСЛОТ Концентрированная серная кислота и азотная кислота любой концентрации могут вступать в химические реакции с металлами, которые в ряду активности расположены правее водорода.

В ходе таких реакций водород не выделяется. Подробно о свойствах концентрированной серной кислоты и растворов азотной кислоты вы узнаете в 9 классе при изучении основ неорганической химии.



2.33. Реакция меди с азотной кислотой

2.34. Основные области использования серной и азотной кислот

Попадание кислот на кожу может привести к очень серьёзным ожогам, поэтому при работе с этими веществами нужно быть предельно осторожным и внимательным. Если всё-таки капли кислоты попали на кожу во время урока химии, немедленно сообщите об этом учителю или лаборанту.

Если вы получили ожог кислотой вне школьного кабинета химии, то:

1) промойте поражённое место холодной водой;
2) промойте поражённое место раствором соды;
3) ещё раз промойте поражённое место холодной водой;
4) обратитесь к врачу-дерматологу.

Концентрированная серная кислота внешне похожа на масло. В Средние века её получали из медного купороса, отсюда её тривиальное название — купоросное масло. Для растворения золота — царя металлов — алхимики использовали царскую водку — смесь концентрированных азотной и соляной кислот.

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Получение медного купороса.

«ПОМОЩНИК»

- В химический стакан положите 1 ложку-дозатор порошка оксида меди(II) и влейте 10 мл раствора серной кислоты.
- На кольцо штатива положите огнезащитную прокладку и поставьте на неё стакан с полученной смесью.
- Под стакан поставьте горящую спиртовку, нагревайте смесь, помешивая стеклянной палочкой. Не доводите смесь до кипения!
- Когда бóльшая часть оксида меди(II) прореагирует, прекратите нагревание.
- С помощью пипетки нанесите каплю полученного раствора на стеклянную пластинку и, держа её высоко над пламенем, выпарите воду.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Какими общими свойствами обладают кислоты?
- Чем серная и азотная кислоты отличаются от других кислот?
- Используя схему 2.32, составьте уравнения химических реакций для соляной кислоты.

24 СВОЙСТВА ОСНОВАНИЙ

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Как классифицируют основания.
- Общие и характерные свойства оснований.
- Какие реакции называют реакциями нейтрализации.

ВСПОМНИТЕ:

- Два значения термина «основание».
- Как изменяется окраска индикаторов в растворах гидроксидов металлов?
- Какие вещества образуются при взаимодействии раствора кислоты с гидроксидом металла?

Основания используются человеком так же широко, как и кислоты. Гидроксид натрия необходим для получения прозрачной целлофановой плёнки и мягких вискозных тканей. Гидроксид кальция применяется и в строительстве, и в производстве сахара-рафинада.

КЛАССИФИКАЦИЯ ОСНОВАНИЙ Основания можно классифицировать по двум признакам.

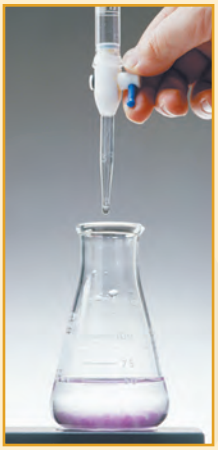
Признак	Классификация оснований
Число гидроксильных групп OH	Однокислотные: $NaOH$, KOH
	Двухкислотные: $Mg(OH)_2$, $Ba(OH)_2$
Растворимость в воде	Нерастворимые: $Fe(OH)_2$, $Pb(OH)_2$
	Растворимые, или щёлочи: $NaOH$, $Ca(OH)_2$

ОБЩИЕ СВОЙСТВА ОСНОВАНИЙ Нерастворимые основания и щёлочи вступают в химические реакции с растворами кислот. При этом образуются два вещества — соль и вода:

$$3NaOH + H_3PO_4 = Na_3PO_4 + 3H_2O$$

$$Fe(OH)_2 + 2HCl = FeCl_2 + 2H_2O$$

Химические реакции между кислотой и основанием называют **реакциями нейтрализации**, так как в ходе этих реакций кислота и основание «уничтожают», нейтрализуют друг друга.



2.35. Титрование

РАЗЛИЧИЯ В СВОЙСТВАХ ЩЕЛОЧЕЙ И НЕРАСТВОРИМЫХ ОСНОВАНИЙ В отличие от нерастворимых оснований щёлочи вступают в химические реакции с оксидами неметаллов:

$$2KOH + CO_2 = K_2CO_3 + H_2O$$

$$6NaOH + P_2O_5 = 2Na_3PO_4 + 3H_2O$$

Нерастворимые основания разлагаются на оксид металла и воду при нагревании:

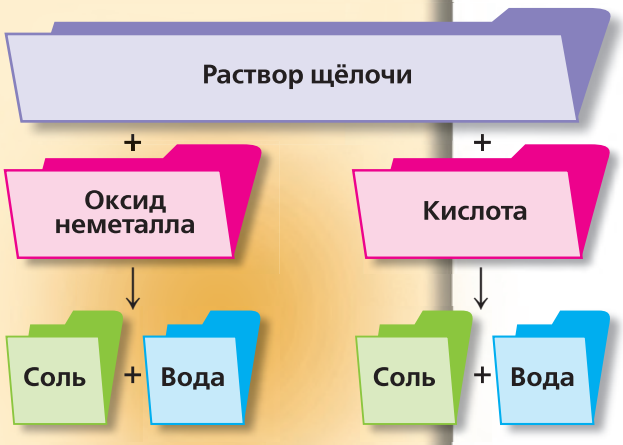
$$Fe(OH)_2 \xrightarrow{t} FeO + H_2O$$

или даже при обычных условиях:

$$2AgOH = Ag_2O + H_2O$$

Щёлочи устойчивы к нагреванию.

2.36. Общие свойства растворов щелочей



СПОСОБ СОСТАВЛЕНИЯ УРАВНЕНИЙ РЕАКЦИЙ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ Пусть нужно составить уравнение реакции нейтрализации раствора гидроксида бария раствором фосфорной кислоты.

1. Записываем химические формулы исходных веществ и сравниваем число атомов водорода в молекуле кислоты с числом гидроксильных групп в молекуле основания. Если они равны, никакие коэффициенты перед формулами веществ не нужны. Если нет, то перед формулой кислоты записываем коэффициент, равный числу гидроксильных групп в молекуле основания, а перед формулой основания — коэффициент, равный числу атомов водорода в молекуле кислоты:

$$3Ba(OH)_2 + 2H_3PO_4$$

2. После знака равенства записываем без коэффициента формулу соли, в которой число атомов металла равно коэффициенту перед формулой основания, а число кислотных остатков — коэффициенту перед формулой кислоты:

$$3Ba(OH)_2 + 2H_3PO_4 = Ba_3(PO_4)_2$$

3. Число молекул воды, образующейся в результате реакции, равно произведению коэффициента перед формулой кислоты на число атомов водорода в одной молекуле кислоты:

$$3Ba(OH)_2 + 2H_3PO_4 = Ba_3(PO_4)_2 + 6H_2O$$

С химической сущностью реакции нейтрализации вы познакомитесь позже.

В телевизионной рекламе средства от изжоги женщина-профессор объясняет своим студентам химическую сущность действия этого препарата:
«Это лекарство нейтрализует кислоту». А один из студентов подхватывает: «То есть превращает кислоту в воду». «Правильно», — подтверждает профессор. Подумаем, так ли это.
Действующее вещество в этом препарате — оксид магния, а изжогу вызывает избыток соляной кислоты в желудочном соке. Когда MgO попадает в желудок, происходит химическая реакция

$$MgO + 2HCl = MgCl_2 + H_2O$$

Оцените правильность утверждений действующих лиц телевизионного ролика.

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение свойств оснований.

«ПОМОЩНИК»

- Налейте в пробирку 2 мл раствора гидроксида калия и добавьте 1–2 капли раствора фенолфталеина.
- С помощью пипетки добавляйте к раствору гидроксида калия раствор серной кислоты до видимого изменения окраски.
- Налейте в пробирку 1 мл раствора сульфата меди(II) и добавьте 1 мл раствора гидроксида натрия.
- Нагрейте полученное вещество на пламени спиртовки (газовой горелки) до появления явных признаков химической реакции.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Как классифицируют основания?
- Назовите общие и характерные свойства оснований.
- Какие реакции называют реакциями нейтрализации? Приведите примеры реакций нейтрализации.

25 СВОЙСТВА АМФОТЕРНЫХ ГИДРОКСИДОВ

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Способ получения нерастворимых гидроксидов металлов и неметаллов.
- Как определить кислотно-основный характер нерастворимого гидроксида.
- Что некоторые гидроксиды могут обладать свойствами и кислоты, и основания.

ВСПОМНИТЕ:

- В каких случаях вода не вступает в химическую реакцию с оксидами?
- Как изменяется окраска индикаторов в растворах кислот и щелочей?

Нерастворимые гидроксиды некоторых металлов обладают свойствами, которые нарушают выстраиваемую нами классификацию неорганических веществ. Химические свойства этих гидроксидов не позволяют отнести их ни к основаниям, ни к кислотам. Но для того чтобы познакомиться со «странными» свойствами таких гидроксидов, нужно научиться их получать.

ПОЛУЧЕНИЕ НЕРАСТВОРИМЫХ ГИДРОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ И НЕМЕТАЛЛОВ Растворимые гидроксиды металлов и неметаллов легко получить взаимодействием соответствующего оксида с водой:

$$Na_2O + H_2O = 2NaOH$$

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

Нерастворимые основания и кислоты получают из солей. Для получения нерастворимого основания берут растворимую соль металла и добавляют к ней раствор щёлочи:

$$CuCl_2 + 2NaOH = Cu(OH)_2\downarrow + 2NaCl$$

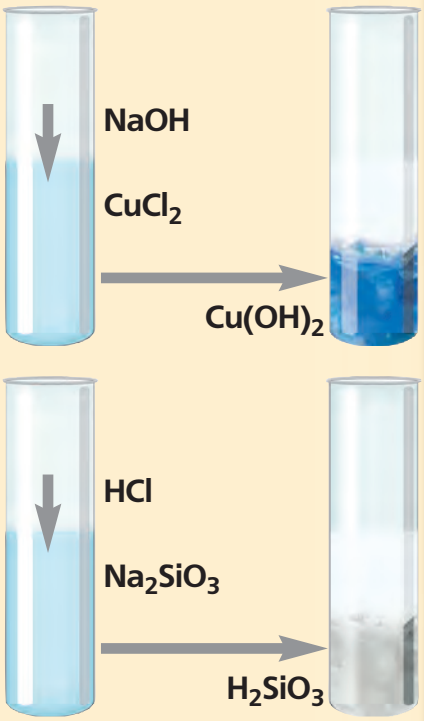
Аналогичным способом получают нерастворимые кислоты: берут растворимую соль нужной кислоты и добавляют к ней раствор другой кислоты:

$$Na_2SiO_3 + 2HCl = H_2SiO_3\downarrow + 2NaCl$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИСЛОТНО-ОСНОВНОГО ХАРАКТЕРА НЕРАСТВОРИМОГО ГИДРОКСИДА Если гидроксид растворим в воде, то для определения его кислотно-основного характера достаточно добавить к раствору раствор индикатора, например лакмуса или метилоранжа. Если исследуемый раствор окрасится в красный цвет, растворимый гидроксид является кислотой. Если лакмус стал синим или метилоранж — жёлтым, то растворимый гидроксид — основание.

Нерастворимые гидроксиды окраску индикаторов не изменяют, поэтому приходится определять кислотно-основный характер с помощью растворов азотной кислоты и гидроксида натрия.

Реактив	Исследуемый нерастворимый гидроксид	
Раствор азотной кислоты	Не растворяется	Растворяется
Раствор гидроксида натрия	Растворяется	Не растворяется
Вывод	**Кислота**	**Основание**



2.37. Получение нерастворимых основания и кислоты

Если исследуемое вещество растворилось в растворе азотной кислоты, но не растворилось в растворе гидроксида натрия, то это вещество относится к классу оснований. Если же оно растворяется в растворе гидроксида натрия, но не растворяется в растворе азотной кислоты, то нерастворимый гидроксид — кислота.

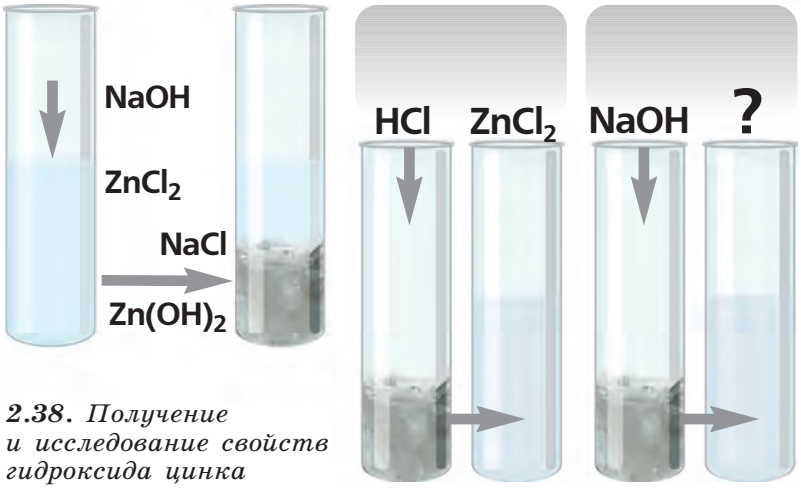
АМФОТЕРНОСТЬ Нерастворимые гидроксиды некоторых химических элементов, например алюминия или цинка, растворяются и в растворе азотной кислоты, и в растворе гидроксида натрия.

Такая двойственность кислотно-основных свойств нерастворимых гидроксидов получила название **амфотерности**, а нерастворимые гидроксиды, проявляющие такие свойства, — **амфотерных гидроксидов**.

При взаимодействии с растворами кислот амфотерные гидроксиды проявляют свойства нерастворимых оснований.

При взаимодействии с растворами щелочей эти же гидроксиды проявляют свойства нерастворимых кислот.

Уравнение химической реакции между гидроксидом цинка и кислотой вы сможете составить самостоятельно.



2.38. Получение и исследование свойств гидроксида цинка

Уравнения химических реакций между амфотерными гидроксидами и растворами щелочей вы научитесь составлять в 9 классе.

Амфотерный оксид — это оксид, обладающий свойствами и основного оксида, и кислотного оксида. Амфотерными свойствами обладает оксид цинка.

Выбор растворов азотной кислоты и гидроксида натрия неслучаен: все соли азотной кислоты и все соли натрия растворяются в воде.
Амфотерными свойствами обладают гидроксиды железа(III), хрома(III) и некоторые другие.

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение свойств нерастворимого гидроксида.

«ПОМОЩНИК»

- В выданной вам пробирке под слоем воды находится нерастворимый гидроксид.
- Взболтайте пробирку и отлейте половину жидкости в чистую пробирку.
- К нерастворимому гидроксиду в первой пробирке добавляйте по каплям раствор азотной кислоты, встряхивая пробирку после добавления каждой капли.
- К нерастворимому гидроксиду во второй пробирке добавляйте по каплям раствор гидроксида натрия, встряхивая пробирку после добавления каждой капли.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Опишите способ получения нерастворимых гидроксидов металлов и неметаллов.
- Как определить кислотно-основный характер нерастворимого гидроксида?
- Как называются гидроксиды, обладающие свойствами и кислоты, и основания?

26 ГЕНЕТИЧЕСКИЙ РЯД ТИПИЧНОГО МЕТАЛЛА

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Что называют генетическим рядом.
- Какие вещества и каким способом можно получить, имея в своём распоряжении типичный металл.

ВСПОМНИТЕ:

- Свойства металлов, оксидов металлов, оснований.
- Свойства неметаллов, оксидов неметаллов, кислот.

Первое знакомство со свойствами веществ показывает, что классы неорганических соединений связаны друг с другом. Эти связи проявляются в превращениях веществ одного класса в вещества, относящиеся к другому классу, в результате химических реакций. Знание способов перехода от одного класса к другому позволяет химикам получать нужные вещества.

СВЯЗИ МЕЖДУ КЛАССАМИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ, ОБРАЗОВАННЫХ АТОМАМИ МЕТАЛЛОВ Изучение свойств различных веществ показало, что классы неорганических соединений связаны друг с другом.

Если мы возьмём типичный металл кальций, то при взаимодействии с кислородом он превратится в оксид кальция:

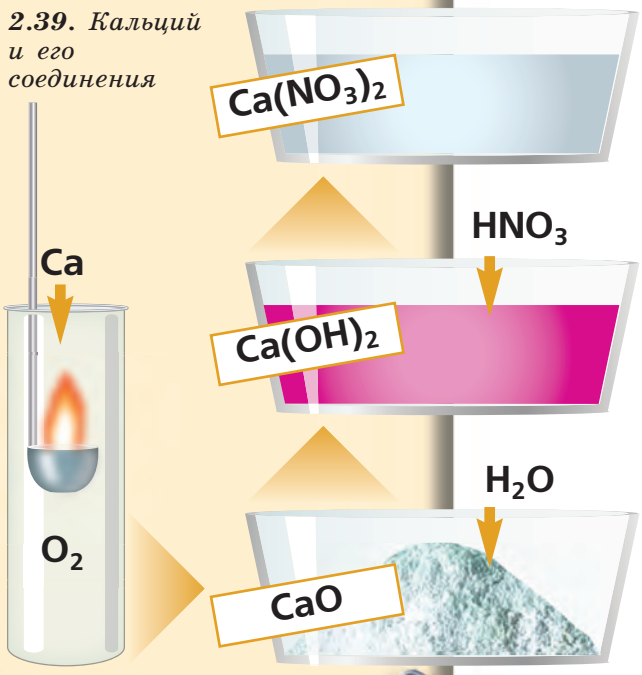
$$2Ca + O_2 = 2CaO$$

Оксид кальция энергично взаимодействует с водой, образуя гидроксид кальция:

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

Если в нашем распоряжении есть какая-нибудь кислота, то из гидроксида кальция можно получить соль:

$$Ca(OH)_2 + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + 2H_2O$$



2.39. Кальций и его соединения

В ряду $Ca \rightarrow CaO \rightarrow Ca(OH)_2 \rightarrow Ca(NO_3)_2$ каждое последующее соединение получается из предыдущего, как бы порождается им. Такой ряд называют **генетическим рядом** (греч. *genea* — род, рождение).

Для типичного металла свинца также существует генетический ряд, но он несколько отличается от генетического ряда кальция. В результате нагревания свинца с кислородом так же, как и в реакции кальция с кислородом, образуется оксид:

$$2Pb + O_2 \overset{t}{=} 2PbO$$

Оксид свинца(II) не взаимодействует с водой, так как гидроксид свинца(II) не растворяется в воде. Получить гидроксид свинца(II) можно из растворимой соли свинца, например нитрата свинца(II), а эту соль — из оксида металла и азотной кислоты. Таким образом, получить гидроксид свинца(II) из оксида свинца(II) можно в две стадии:

Если металл образует амфотерный оксид, то его генетический ряд такой же, как у типичных металлов, образующих нерастворимые гидроксиды, например:

$$Al \rightarrow Al_2O_3 \rightarrow Al(NO_3)_3 \rightarrow Al(OH)_3$$

В отличие от типичных металлов металлы, которым соответствуют амфотерные гидроксиды, образуют ещё один генетический ряд. С ним вы познакомитесь на следующем уроке.

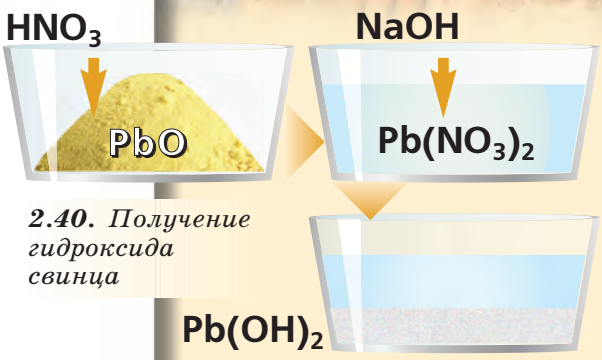
1) получение растворимой соли:

$PbO + 2HNO_3 = Pb(NO_3)_2 + H_2O$

2) получение основания:

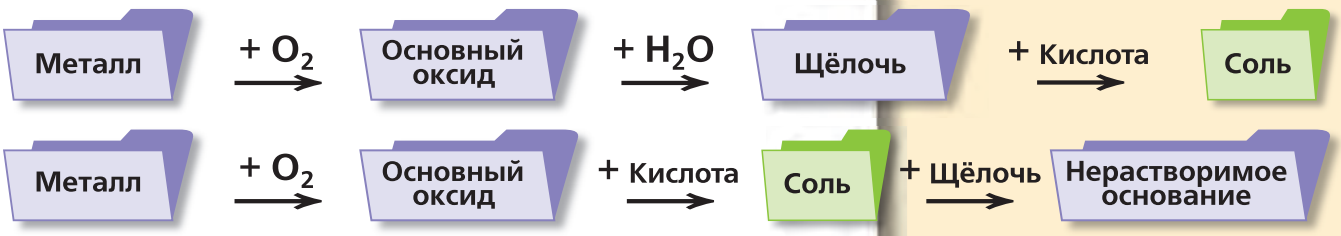
$Pb(NO_3)_2 + 2NaOH = Pb(OH)_2\downarrow + 2NaNO_3$

И в этом случае все основные классы неорганических соединений, в состав которых входят атомы свинца, связаны друг с другом.



2.40. Получение гидроксида свинца

2.41. Генетический ряд металла, образующего растворимый гидроксид



2.42. Генетический ряд металла, образующего нерастворимый гидроксид

ПОЛУЧЕНИЕ СОЕДИНЕНИЙ ТИПИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ Имея в своём распоряжении типичный металл, мы можем получить соединения, относящиеся к разным классам неорганических веществ:

1) металл → оксид: $2Ba + O_2 = 2BaO$

2) металл → щёлочь: $Ba + 2H_2O = Ba(OH)_2 + H_2$

3) металл → соль: $Ba + 2HCl = BaCl_2 + H_2$

Можно осуществить и обратные превращения, например:

1) оксид → металл: $FeO + H_2 = Fe + H_2O$

2) основание → металл: а) $Fe(OH)_2 = FeO + H_2O$
б) $FeO + H_2 = Fe + H_2O$

3) соль → металл: $FeSO_4 + Zn = Fe + ZnSO_4$

На восстановлении металлов из оксидов водородом основано их применение в металлургии для получения чистых металлов. Химические реакции металлов с солями других металлов лежат в основе принципа действия гальванических элементов, например батареек.

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Получение соединений магния.

«ПОМОЩНИК»

- Положите в чистую пробирку $^1/_4$ ложки-дозатора порошка магния и добавьте 4 мл раствора соляной кислоты.
- С помощью стеклянной палочки поместите каплю полученного раствора на стеклянную пластинку.
- Нагрейте пластинку, держа её высоко над пламенем спиртовки (газовой горелки).
- К полученному раствору добавляйте по каплям раствор карбоната натрия.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Что называют генетическим рядом?
- Поясните, какие вещества и как можно получить, имея в своём распоряжении типичный металл.

27 ГЕНЕТИЧЕСКИЙ РЯД ТИПИЧНОГО НЕМЕТАЛЛА

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- О генетических рядах неметаллов.
- О втором генетическом ряде алюминия.

ВСПОМНИТЕ:

- Какие генетические ряды образуют типичные металлы?

При внимательном изучении генетического ряда типичного металла можно догадаться о том, что должен существовать и генетический ряд типичного неметалла. Ведь во всех превращениях соединений типичных металлов принимают участие и атомы неметаллов. Проверим это, вспомнив свойства изученных классов неорганических веществ и проведя необходимые опыты.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЯДЫ НЕМЕТАЛЛОВ Соединения неметаллов, как и соединения металлов, связаны друг с другом.

Простое вещество графит, образованное атомами углерода, легко превращается в оксид углерода(IV):

$$C + O_2 = CO_2$$

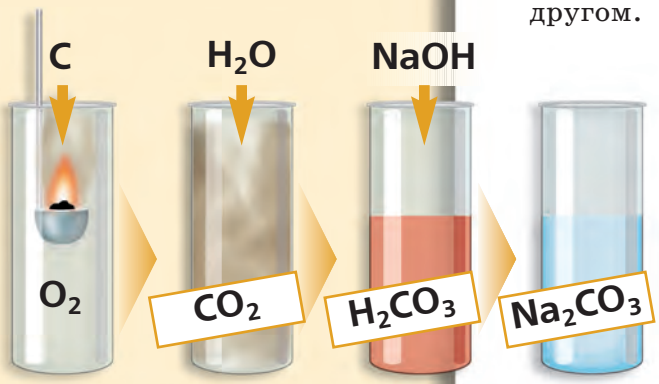
Растворение углекислого газа в воде приводит к образованию угольной кислоты:

$$CO_2 + H_2O = H_2CO_3$$

Продуктом химической реакции угольной кислоты с щёлочью является соль:

$$H_2CO_3 + 2NaOH = Na_2CO_3 + 2H_2O$$

2.43. Соединения углерода



2.44. Генетический ряд неметалла, образующего растворимый гидроксид

Кремний образует нерастворимую кремниевую кислоту, поэтому его генетический ряд отличается от генетического ряда углерода:

$$Si \rightarrow SiO_2 \rightarrow Na_2SiO_3 \rightarrow H_2SiO_3$$

2.45. Генетический ряд неметалла, образующего нерастворимый гидроксид

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

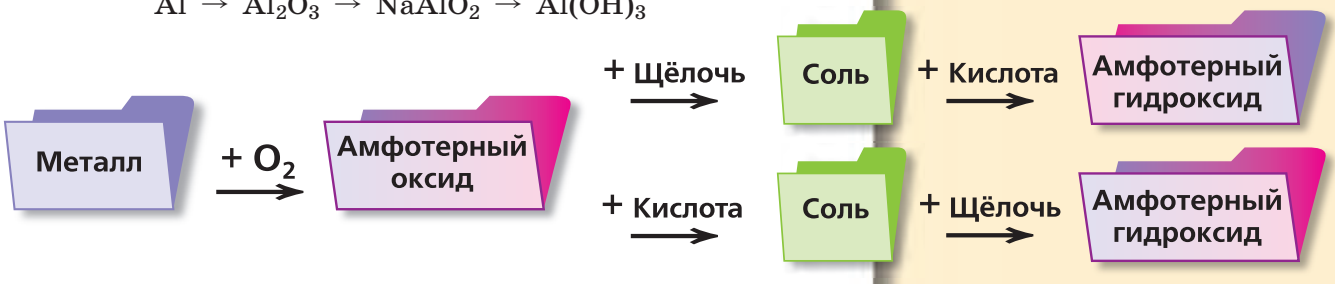
Получение соединений углерода.

«ПОМОЩНИК»

- Поместите уголёк в ложку для сжигания веществ и раскалите его на пламени спиртовки (газовой горелки).
- Внесите уголёк в выданную вам колбу с кислородом.
- Когда уголёк сгорит, извлеките из колбы ложку для сжигания веществ и плотно закройте колбу пробкой.
- В колбу с углекислым газом налейте известковую воду, закройте колбу пробкой и взболтайте.
- К веществу, полученному в предыдущем опыте, добавьте раствор соляной кислоты.

Оксид алюминия обладает амфотерными свойствами, т.е. вступает в химические реакции с основаниями. В этом случае генетический ряд металла похож на генетический ряд неметалла, образующего нерастворимую кислоту. Отличие в том, что ряд завершается не кислотой, а амфотерным гидроксидом:

$$Al \rightarrow Al_2O_3 \rightarrow NaAlO_2 \rightarrow Al(OH)_3$$



2.46. Генетические ряды металла, образующего амфотерный гидроксид

ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ НЕМЕТАЛЛОВ ИЗ ВЕЩЕСТВ ДРУГИХ КЛАССОВ Химические свойства неметаллов очень многообразны, поэтому многообразны способы получения их соединений:

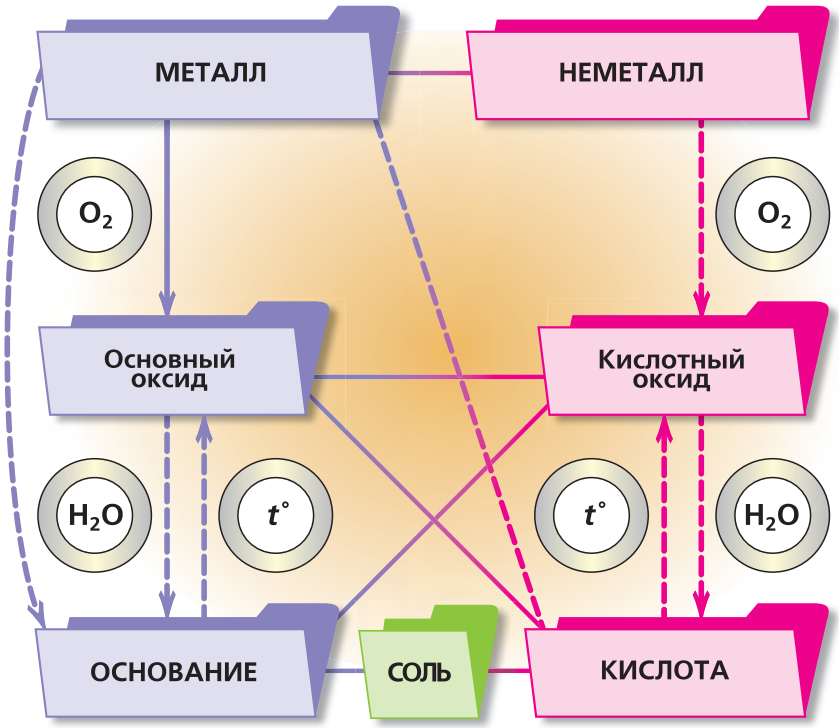
1) гидроксид → оксид: $H_2SiO_3 = SiO_2 + H_2O$

2) соль → неметалл: $2NaI + Br_2 = 2NaBr + I_2$

3) неметалл → соль: $Cl_2 + 2Na = 2NaCl$

С ними вы познакомитесь в 9 классе, изучая основы неорганической химии.

Взаимосвязь между генетическими рядами неорганических веществ можно представить в виде схемы.



2.47. Взаимосвязь между классами неорганических веществ

Из-за двойственности свойств амфотерных оксидов и гидроксидов, генетический ряд металла, образующего эти соединения, можно поместить на этой схеме между генетическими рядами типичного металла и типичного неметалла.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Какие вещества и как можно получить, имея в своём распоряжении типичный неметалл?
- Расскажите о генетических рядах алюминия.

ПОДВЕДЁМ ИТОГИ

- По свойствам простые вещества делятся на металлы и неметаллы.
- Сложные вещества делят на оксиды, кислоты, основания и соли.
- Оксиды — сложные вещества, в состав которых входят атомы двух химических элементов, один из которых кислород.
- Кислоты — сложные вещества, в состав которых входят атомы водорода, способные замещаться атомами металлов, и кислотный остаток.
- Основания — сложные вещества, в состав которых входят атом металла и одна или несколько гидроксильных групп.
- Соли — сложные вещества, в состав которых входят атомы металлов и кислотные остатки.
- Сложные вещества одного класса обладают сходными свойствами.
- Индикатор — сложное органическое вещество, изменяющее свою окраску под действием растворов веществ.
- Реакции окисления — химические реакции простых и сложных веществ с кислородом.
- Реакции восстановления — реакции оксидов металлов с водородом, в результате которых образуются простые вещества-металлы и вода.
- Реакции нейтрализации — реакции между кислотами и основаниями.
- Амфотерность — способность гидроксида проявлять кислотные или основные свойства в зависимости от того, с какими веществами он взаимодействует.
- Амфотерный гидроксид — гидроксид, обладающий свойствами и нерастворимого основания, и нерастворимой кислоты.
- Амфотерный оксид — оксид, обладающий свойствами и основного оксида, и кислотного оксида.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ:

- Докажите или опровергните утверждение: «Все простые вещества делятся на металлы и неметаллы».

ГЛАВА III

СТРОЕНИЕ АТОМА И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ СВОЙСТВ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

- ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СТРОЕНИИ АТОМА
- ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБОЛОЧКИ АТОМА
- ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЙ В СТРОЕНИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБОЛОЧЕК АТОМА
- КЛАССИФИКАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ
- ПЕРИОДЫ
- ГРУППЫ
- ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН
- ПРЕДСКАЗАНИЕ СВОЙСТВ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЗАКОНА
- НАУЧНЫЙ ПОДВИГ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

КОРОТКО О ГЛАВНОМ

Менделеев, применяя бессознательно гегелевский закон о переходе количества в качество, совершил научный подвиг, который смело можно поставить рядом с открытием Леверрье, вычислившего орбиту ещё неизвестной планеты Нептун.

Ф. Энгельс. Диалектика природы

28 ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СТРОЕНИИ АТОМА

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Как из-за случайности происходит переворот в науке.
- Что атомы одного и того же химического элемента могут иметь разную массу.
- Какой смысл сегодня имеет понятие «химический элемент».

ВСПОМНИТЕ:

- Определение атома и химического элемента, с которым вы познакомились в начале учебного года.

Одним из важнейших завоеваний химиков XVIII–XIX вв. стало признание реального существования атомов и молекул. Учёные сумели доказать, что в ходе химических реакций происходит изменение состава и строения молекул, при этом атомы остаются неизменными.

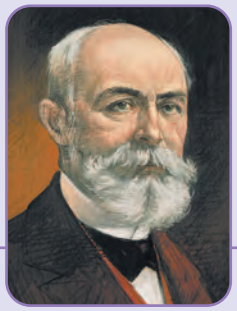
СЛОЖНОЕ СТРОЕНИЕ АТОМА До конца XIX в. всё естествознание опиралось на представление о неделимости атома. В 1898 г. французский физик А. Беккерель, работая с фотографическими пластинками, совершенно случайно оставил на одной из них кусок урановой смолки — руды, из которой получают металл уран U. Так было открыто явление радиоактивности, которое нельзя было объяснить, исходя из предположения, что атом — неделимая частица.

В первое десятилетие XX в. было предложено несколько моделей строения атома. Самой удачной оказалась модель английского физика Э. Резерфорда. Поскольку она напоминала Солнечную систему, её назвали планетарной моделью строения атома. В этом учебном году мы будем пользоваться моделью Резерфорда.

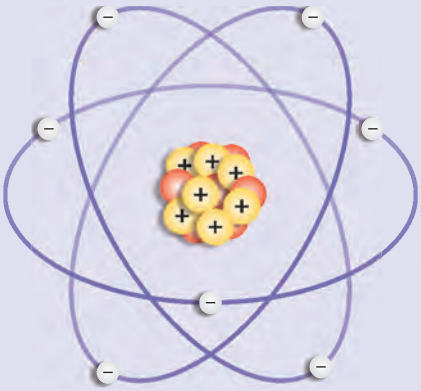
Согласно модели Резерфорда в центре атома находится массивное положительно заряженное ядро, вокруг которого по круговым орбитам движутся отрицательно заряженные электроны. Ядро образовано частицами двух видов: положительно заряженными протонами (p^+) и нейтральными нейтронами (n^0). Число протонов в ядре атома определяет величину его заряда. Установлено, что ядро атома водорода имеет заряд, равный +1, а ядро атома кислорода — заряд, равный +8.

Протоны и нейтроны имеют одинаковую массу, во много раз превышающую массу электрона. Если массу протона, нейтрона и электрона измерять в тех же единицах, что и относительную атомную или относительную молекулярную массу, то масса протона так же как и масса нейтрона, будет равна 1, а масса электрона — в 1836 раз меньше. Понятно, что масса атома в основном определяется массой его ядра, так как даже в самом «богатом» электронами атоме на долю электронов приходится меньше 0,02 % массы.

ИЗОТОПЫ Учёные-физики установили, что атомы одного и того же химического элемента могут иметь разную массу. Были обнаружены атомы водорода с относительной атомной массой 1, 2 и 3. При этом все эти разновидности атомов водорода имели ядра



Беккерель Антуан Анри
1852–1908
Французский физик, лауреат Нобелевской премии по физике, один из первооткрывателей радиоактивности.



3.1. Модель строения атома по Резерфорду

с одинаковым зарядом +1. Для таких разновидностей атомов с одинаковым зарядом ядра, но с разной массой учёный Ф. Содди предложил название «изотопы».

Изотопы — разновидности атомов одного и того же элемента, имеющие одинаковый заряд ядра, но разную массу.

Различие в массах изотопов одного и того же химического элемента можно объяснить только тем, что в ядрах атомов содержится разное число нейтронов.

Изотоп водорода	Относительная атомная масса	Число в ядре атома	
		протонов	нейтронов
Протий H	1		0
Дейтерий D	2		
Тритий T	3		

ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ С открытием изотопов необходимо было уточнить смысл понятия «химический элемент», которое длительное время трактовалось как совокупность атомов с одинаковой массой.

Поскольку масса атомов одного и того же химического элемента может быть разной, а заряд ядра всегда одинаков, сегодня под **химическим элементом** понимают совокупность атомов с одинаковым зарядом ядра.

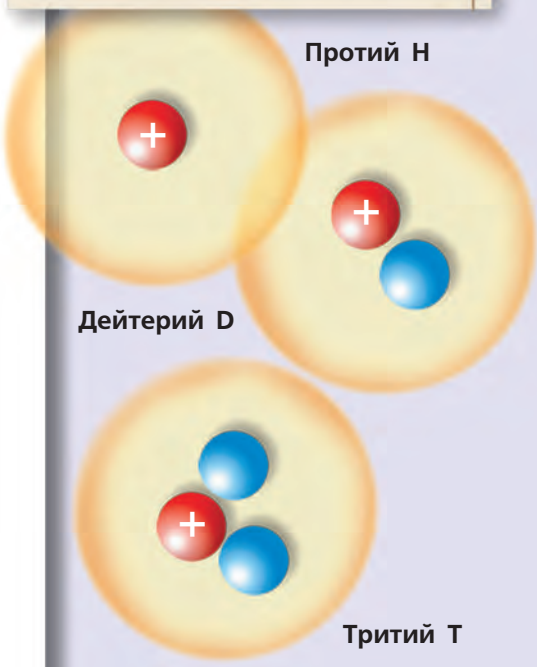
Все атомы химического элемента углерода имеют заряд ядра +6, а массы атомов углерода изменяются от 8 до 22. При этом в природе встречаются только атомы углерода с массой 12, 13 и 14.

Масса атома ^{12}C ^{13}C ^{14}C

Заряд ядра $_{6}C$ $_{6}C$ $_{6}C$

Изотопы углерода ^{12}C и ^{13}C устойчивы, а изотоп ^{14}C превращается в другие химические элементы. Через 5568 лет от 1 кг изотопа ^{14}C остаётся только 0,5 кг. Соотношение изотопов углерода в живых организмах всегда одно и то же до тех пор, пока организм жив. После смерти организм уже не поглощает изотоп ^{14}C, и постепенно доля этого изотопа в останках уменьшается. Зная соотношение масс изотопов углерода в живом организме и в останках, можно определить время, прошедшее с момента смерти организма. Этот метод определения возраста археологических находок называется радиоуглеродным методом.

Водород с относительной атомной массой 1 получил название протий (греч. *protos* — первый), водород с относительной массой 2 — дейтерий (греч. *déuteros* — второй), а с относительной атомной массой 3 — тритий (греч. *tritos* — третий). Для обозначения атомов дейтерия и трития используют химические знаки D и T соответственно. Водород, который встречается в природе, состоит на 99,988 % из протия и на 0,012 % из дейтерия. В природной воде на 10^{18} атомов протия приходится 1 атом трития.



ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Почему возникла необходимость разработки моделей строения атома?
- Как согласно модели Резерфорда можно объяснить строение атома?
- Объясните, почему определение понятия «химический элемент» необходимо уточнить. В чём заключается это уточнение?

29 ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБОЛОЧКИ АТОМА

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Как определить, сколько всего электронов в атоме.
- Что в атоме есть слои, хотя атом не пирог.
- Сколько электронов может поместиться на одном слое.

ВСПОМНИТЕ:

- Каково более точное определение понятия «химический элемент»?

Согласно современной теории ядра протоны и нейтроны, входящие в состав ядра, связаны между собой чрезвычайно большими ядерными силами. Ядро по своим размерам весьма компактно. Оно в 100 000 раз меньше самого атома, но отличается большой плотностью. В нём сосредоточена почти вся масса атома. Если представить, что атомное ядро увеличили до размеров горошины, тогда диаметр атома будет равен высоте Останкинской башни.

Исследования изотопов показали, что состав атомного ядра почти не влияет на химические свойства веществ. Соляные кислоты состава HCl, DCl и TCl взаимодействуют с цинком, выделяя газ, который восстанавливает медь из её оксида. Значит, различие химических свойств химических элементов объясняется строением электронных оболочек атома.

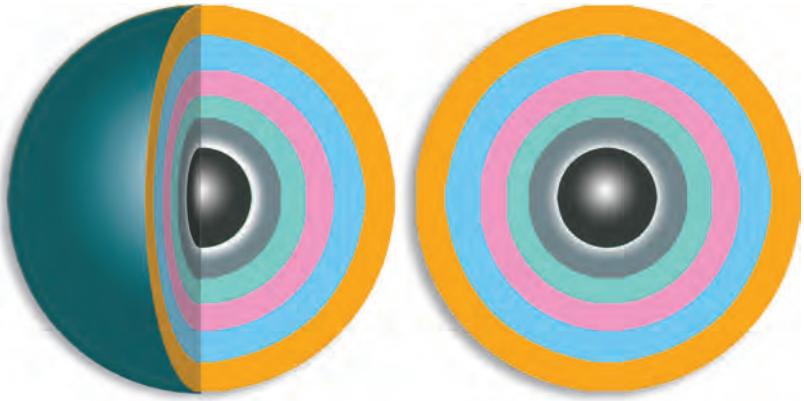
ЭЛЕКТРОНЕЙТРАЛЬНОСТЬ АТОМА Ядро любого атома имеет положительный заряд: кислорода +8, железа +26, золота +79. Однако простые вещества — кислород, железо, золото — электрического заряда не имеют. Единственное объяснение этого факта в том, что положительный заряд ядра атома компенсируется отрицательными зарядами электронов.

Если заряд ядра атома серы +16, то в этом атоме находится 16 отрицательно заряженных электронов, которые движутся вокруг положительно заряженного ядра.

Положительный заряд ядра атома иода, равный 53, компенсируется отрицательными зарядами 53 электронов.

Таким образом, в любом атоме число электронов равно заряду ядра атома.

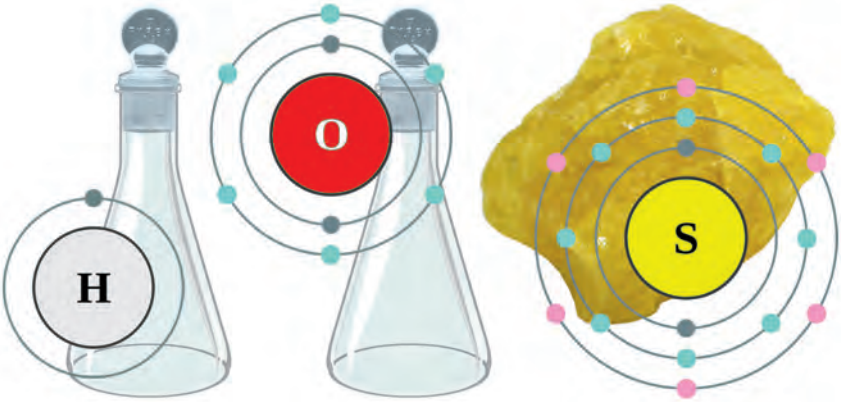
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ В АТОМЕ Как вы знаете из курса физики, электроны в атоме движутся по круговым орбитам, которые называют **электронными слоями**.



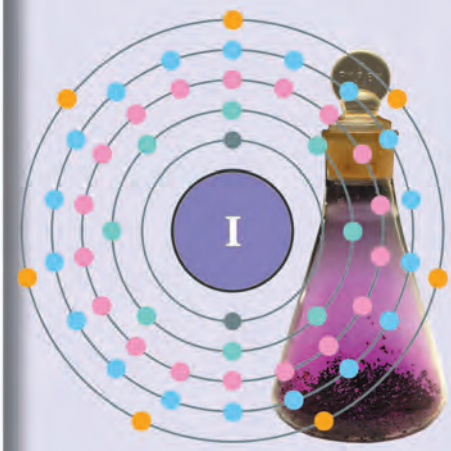
3.2. Модель электронных слоёв

В атоме водорода имеется один электрон, так как заряд ядра этого атома равен +1. Этот электрон движется по орбите, наиболее близкой к ядру, которую принято называть первым электронным слоем. В атоме азота 7 электронов образуют два электронных слоя, а 17 электронов атома хлора — три.

Сегодня известны атомы, в которых есть семь электронных слоёв. Физики установили, что заполнение электронных слоёв электронами подчиняется определённым законам, с которыми вы познакомитесь при изучении физики и химии в старших классах.

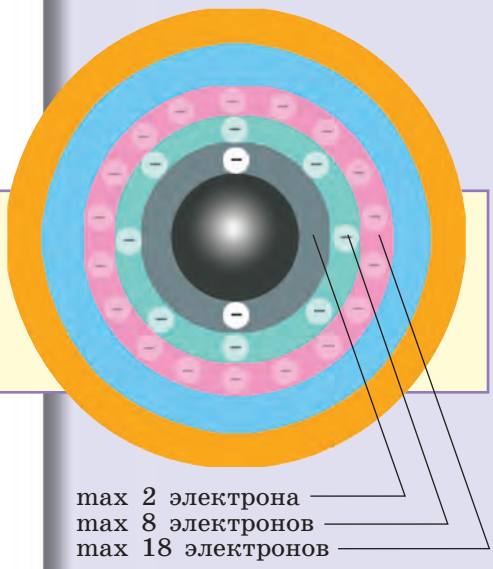


3.3. Схемы расположения электронов по слоям в атомах водорода, кислорода, серы и иода



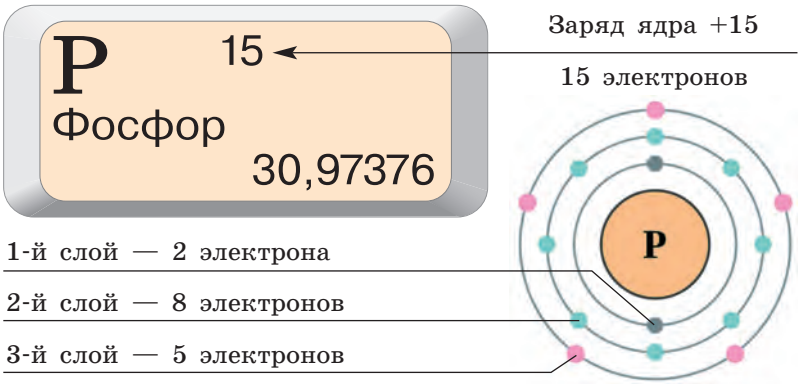
ЁМКОСТЬ ЭЛЕКТРОННОГО СЛОЯ Пока же без доказательств будем учитывать то, что максимальное число электронов, которые может вместить электронный слой, равно удвоенному квадрату номера слоя или $2n^2$, где n — номер слоя, если считать электронные слои от ядра атома.

Тогда:
1) на первом электронном слое может поместиться $2 \cdot 1^2 = 2$ электрона;
2) на втором слое — $2 \cdot 2^2 = 8$ электронов;
3) на третьем слое — $2 \cdot 3^2 = 18$ электронов и т.д.



3.4. Схемы расположения электронов по слоям в атоме фосфора

Зная, как определить ёмкость электронного слоя, легко рассчитать число электронных слоёв в атоме химического элемента. Так, заряд ядра атома фосфора равен +15, следовательно, в этом атоме имеется 15 электронов. Два электрона располагаются на первом от ядра слое, на втором слое — 8 электронов, а оставшиеся 5 электронов составляют третий электронный слой.



ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Объясните, как определить, сколько всего электронов в атоме.
- Что называют электронным слоем?
- Сколько электронов может поместиться на одном электронном слое?

30 ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЙ В СТРОЕНИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБОЛОЧЕК АТОМА

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Как изменяются электронные оболочки атома при увеличении заряда ядра атома на единицу.
- Сколько должно быть электронов на внешнем электронном слое, чтобы этот слой был устойчивым.
- Название закономерности изменений в строении электронных оболочек атома.

ВСПОМНИТЕ:

- Что называют электронным слоем?
- Как определяется ёмкость электронного слоя?

Зная, сколько электронов может поместиться на том или ином слое, можно составить схемы электронного строения атома и попытаться выявить закономерность в изменениях строения электронных оболочек.

СТРОЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБОЛОЧЕК АТОМА С ЗАРЯДАМИ ЯДЕР ОТ +1 ДО +18 Рассмотрим строение простейшего атома — атома водорода. Заряд ядра атома водорода равен +1, следовательно, в этом атоме есть один электрон, который располагается на первом, ближайшем к ядру электронном слое.

Увеличение заряда ядра на единицу приводит к новому химическому элементу — гелию He. Если заряд ядра атома гелия равен +2, то в этом атоме должно быть 2 электрона, иначе нарушится равновесие противоположных зарядов и сам атом приобретёт электрический заряд. Оба электрона в атоме гелия находятся на первом электронном слое.

Увеличим ещё на единицу заряд ядра атома и получим атом лития Li. Заряд ядра атома лития +3, и в атоме лития находится 3 электрона. Все они не могут поместиться на первом электронном слое, ёмкость которого равна двум электронам. Поэтому в атоме лития третий электрон располагается на втором, более удалённом от ядра электронном слое.

Максимальное число электронов, которые могут поместиться на втором слое, равно восьми. Поэтому при дальнейшем увеличении заряда ядра на единицу у последующих семи химических элементов $_4$Be, $_5$B, $_6$C, $_7$N, $_8$O, $_9$F и $_{10}$Ne новые электроны будут находиться на втором электронном слое.

В атоме неона возможности второго электронного слоя оказываются исчерпанными, поэтому в атоме химического элемента натрия с зарядом ядра +11 одиннадцатый электрон располагается на ещё более удалённом от ядра третьем слое.

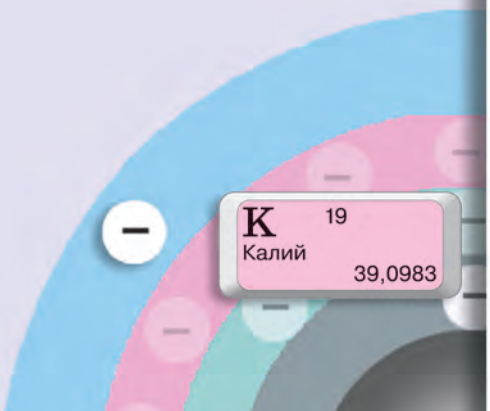
УСТОЙЧИВОСТЬ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОННОГО СЛОЯ Исследованиями было установлено, что в атоме следующего за аргоном калия девятнадцатый электрон начинает новый, четвёртый слой, хотя ёмкость третьего электронного слоя равна $2 \cdot 3^2 = 18$ электронам. И у атома кальция с зарядом ядра +20 двадцатый электрон находится не на третьем, а на четвёртом слое.

№	$_1$H	$_2$He
1	1ē	2ē

№	$_3$Li	$_4$Be	$_5$B	$_6$C	$_7$N	$_8$O	$_9$F	$_{10}$Ne
1	2ē	2ē	2ē	2ē	2ē	2ē	2ē	2ē
2	1ē	2ē	3ē	4ē	5ē	6ē	7ē	8ē

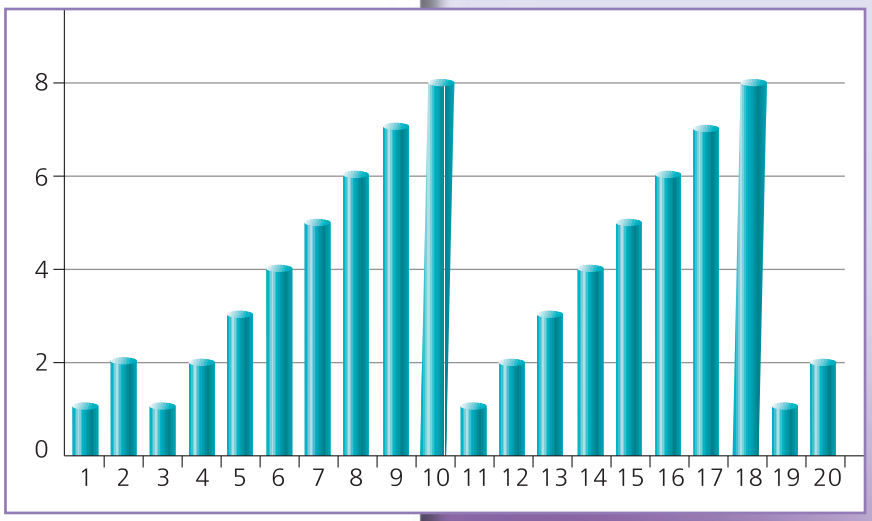
№	$_{11}$Na	$_{12}$Mg	$_{13}$Al	$_{14}$Si	$_{15}$P	$_{16}$S	$_{17}$Cl	$_{18}$Ar
1	2ē	2ē	2ē	2ē	2ē	2ē	2ē	2ē
2	8ē	8ē	8ē	8ē	8ē	8ē	8ē	8ē
3	1ē	2ē	3ē	4ē	5ē	6ē	7ē	8ē

3.5. Строение электронных оболочек атомов с зарядами ядер от +1 до +18



Экспериментальное изучение строения электронных оболочек атома показало, что, как только на внешнем электронном слое оказывается восемь электронов, следующий электрон попадает на новый, более удалённый от ядра электронный слой даже в том случае, если ёмкость предыдущего слоя не исчерпана. Это привело к выводу, что электронный слой с восемью электронами устойчив.

ИЗМЕНЕНИЕ ЧИСЛА ЭЛЕКТРОНОВ НА ВНЕШНЕМ ЭЛЕКТРОННОМ СЛОЕ С УВЕЛИЧЕНИЕМ ЗАРЯДА ЯДРА АТОМА Построим гистограмму, на которой по оси абсцисс укажем заряд ядра атома, а по оси ординат — число электронов на внешнем электронном слое.



3.6. Изменение числа электронов на внешнем электронном слое с увеличением заряда атома ядра

На построенной гистограмме явно прослеживается зависимость: с увеличением заряда ядра атома число электронов на внешнем электронном слое увеличивается до определённого максимума, после которого всё снова начинается с единицы. Такого вида зависимость называют **периодической**, а её часть, в которой линейно увеличивается число электронов, — **периодом**.

Число электронов на внешнем электронном слое находится в периодической зависимости от зарядов атомных ядер.

В атомах элементов с зарядами ядер от +21 (скандий Sc) до +30 (цинк Zn) включительно происходит заполнение электронами не внешнего, а третьего электронного слоя. Начиная с галлия Ga восстанавливается заполнение четвёртого электронного слоя.

№	$_{20}$Ca	$_{21}$Sc	$_{22}$Ti	$_{23}$V	$_{24}$Cr	$_{25}$Mn	$_{26}$Fe	$_{27}$Co	$_{28}$Ni	$_{29}$Cu	$_{30}$Zn	$_{31}$Ga
3	8ē	9ē	10ē	11ē	13ē	13ē	14ē	15ē	16ē	18ē	18ē	18ē
4	2ē	2ē	2ē	2ē	1ē	2ē	2ē	2ē	2ē	1ē	2ē	3ē

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Как изменяются электронные оболочки атома при увеличении заряда ядра атома на единицу?
- Сколько должно быть электронов на внешнем электронном слое, чтобы этот слой был устойчивым?
- Как называется закономерность изменений в строении электронных оболочек атома?

31 КЛАССИФИКАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

ВЫ УЗНАЕТЕ:

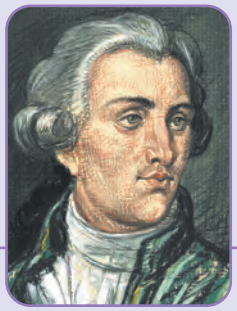
- Что лежит в основе современной естественно-научной классификации химических элементов.
- Как называют эту классификацию.
- Как можно зафиксировать результат классификации химических элементов.
- Какие формы таблиц с классификацией химических элементов обычно используются у нас в стране и за рубежом.

ВСПОМНИТЕ:

- Что называют электронным слоем? Как определяют его ёмкость?

Закономерность в изменении строения электронных оболочек атома, выявленная в предыдущем параграфе, может быть положена в основу классификации химических элементов. Но прежде нужно определить признак, по которому будут классифицироваться химические элементы, т.е. выбрать основание классификации.

ОСНОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Химические элементы можно классифицировать по разным основаниям. Одним из первых попытался классифицировать химические элементы французский химик А.Л. Лавуазье, предложив «Таблицу простых тел».

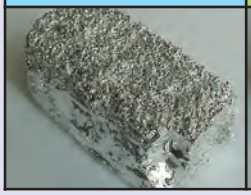


Лавуазье Антуан Лоран
1743–1794
Французский химик, член Парижской академии наук. Один из основоположников химии как науки.

3.7. Классификация Лавуазье 1787 г.

1. Простые вещества, относящиеся ко всем царствам природы, которые можно рассматривать как элементы	Свет, теплород, кислород, азот, водород
2. Простые неметаллические вещества, окисляющиеся и дающие кислоты	Сера, фосфор, уголь, радикал муриевой кислоты (Cl), радикал плавиковой кислоты (F), радикал буровой кислоты (B)
3. Простые металлические вещества, окисляющиеся и дающие основания	Сурьма, серебро, мышьяк, висмут, золото, вольфрам, кобальт, медь, олово, железо, платина, цинк, марганец, ртуть, молибден, никель, свинец
4. Простые солеобразующие землистые вещества	Известь, глинозём, кремнезём, магнезия, барит

В начале XIX в. шведский учёный Й.Я. Берцелиус предложил распределить все химические элементы на две группы — металлы и неметаллы. Основанием этого разделения было различие свойств простых веществ.

МЕТАЛЛЫ	НЕМЕТАЛЛЫ
	

ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ	
МЕТАЛЛЫ	**НЕМЕТАЛЛЫ**
1. Твёрдые вещества (искл. — ртуть) 2. Обладают металлическим блеском 3. Хорошие проводники электричества 4. Ковкие	1. Твёрдые, жидкие (бром) и газообразные вещества 2. Металлическим блеском не обладают (искл. — иод) 3. Диэлектрики 4. Хрупкие

До открытия сложного строения атома основанием классификации химических элементов была относительная атомная масса. Из-за того что многие химические элементы имеют изотопы, изменение относительной атомной массы не совпадает с изменением зарядов атомных ядер. Например, относительная атомная масса калия меньше относительной атомной массы аргона, а заряд ядра атома калия больше, чем заряд ядра атома аргона. Поэтому сегодня в основу классификации положен заряд ядра атома, который и определяет принадлежность атома к тому или иному химическому элементу.

Поскольку с увеличением заряда ядра атома число электронов на внешнем электронном слое изменяется периодически, полное название этой естественно-научной классификации — **периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева.**

Классификацию химических элементов называют системой по аналогии с классификацией растений Карла Линнея (1738). Почему в названии классификации есть имя великого русского химика Дмитрия Ивановича Менделеева, вы узнаете при изучении § 36.

СПОСОБЫ ФИКСАЦИИ КЛАССИФИКАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Результаты распределения объектов по классам можно представить разными способами. Например, полное изложение ботанической системы Карла Линнея представляло собой книгу объёмом 656 страниц. Наиболее современным способом хранения информации о результатах классификации чего-либо являются компьютерные базы данных, однако, несмотря на постоянное уменьшение размеров компьютерной техники, использовать их в практических целях так же неудобно, как и громоздкие книги-фолианты.

Наиболее рациональный способ представления периодической системы химических элементов — табличный. Именно он и используется начиная с момента создания классификации химических элементов 1 марта 1869 г. Такую таблицу называют «Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева».

ФОРМЫ ТАБЛИЦЫ «ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА» Разными учёными было предложено более полутысячи вариантов таблицы «Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева». В нашей стране в основном используют так называемую короткую форму таблицы. За рубежом чаще используют длинную форму.

На следующих двух уроках вы научитесь пользоваться таблицами этих двух форм.

ESSAI D'UNE SYSTÊME DES ÉLÉMENTS

D'APRES LEURS POIDS ATOMIQUES ET FONCTIONS CHIMIQUES,

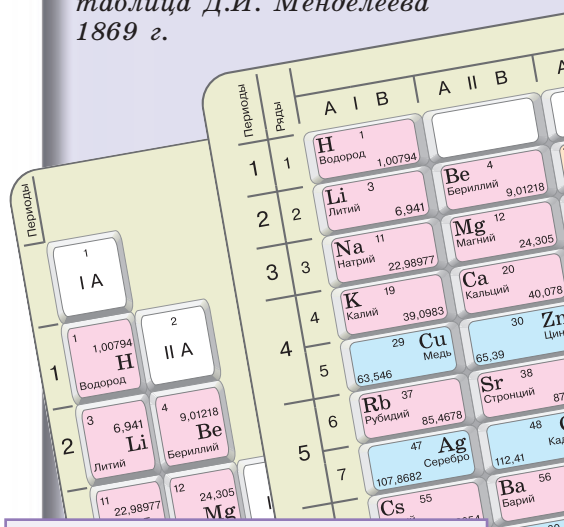
par D. Mendeleeff,

profess. de l'Univers. à S-Pétersbourg.

		Ti=50	Zr= 90	?=180.
		V=51	Nb= 94	Ta=182
		Cr=52	Mo= 96	W=186.
		Mn=55	Rh=104,4	Pt=197,4
		Fe=56	Ru=104,4	Ir=198.
		Ni=Co=59	Pl=106,6	Os=199.
H=1		Cu=63,4	Ag=108	Hg=200
Be= 9,4	Mg=24	Zn=65,2	Cd=112	
B=11	Al=27,4	?=68	Ur=116	Au=197?
C=12	Si=28	?=70	Sn=118	
N=14	P=31	As=75	Sb=122	Bi=210?
O=16	S=32	Se=79,4	Te=128?	
F=19	Cl=35,5	Br=80	I=127	
Li=7 Na=23	K=39	Rb=85,4	Cs=133	Tl=204.
	Ca=40	Sr=87,6	Ba=137	Pb=207.
	?=45	Ce=92		
	?Er=56	La=94		
	?Yt=60	Di=95		
	?In=75,6	Th=118?		

18/III 69

3.8. Опубликованная таблица Д.И. Менделеева 1869 г.



ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Расскажите, что лежит в основе современной естественно-научной классификации химических элементов и как называется эта классификация.
- Как можно зафиксировать результат классификации химических элементов?
- Какие формы таблиц с классификацией химических элементов обычно используются у нас в стране и за рубежом?

32 ПЕРИОДЫ

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Что называется периодом.
- Какие бывают периоды.
- Как найти периоды в разных формах таблицы.

ВСПОМНИТЕ:

- Как изменяется число электронов на внешнем электронном слое атомов при увеличении зарядов атомных ядер?
- Как определить ёмкость электронного слоя по его номеру?

Строение атома — это предмет изучения физической науки, а предметом химии является изучение превращения веществ. Однако учёные-химики в своей работе пользуются результатами исследований своих коллег — учёных-физиков для объяснения свойств веществ. Попробуем сопоставить химические свойства химических элементов и их соединений со строением электронных оболочек атомов. Начнём с элементов, образующих один период.

ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ НОМЕРА ПЕРИОДА Любая таблица состоит из горизонтальных строк и вертикальных столбцов. Их пересечения образуют ячейки, в которых хранится информация. Строки в таблице «Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева» принято называть периодами. В клетках одного периода расположены знаки химических элементов, в атомах которых заполняется один и тот же электронный слой. При этом:

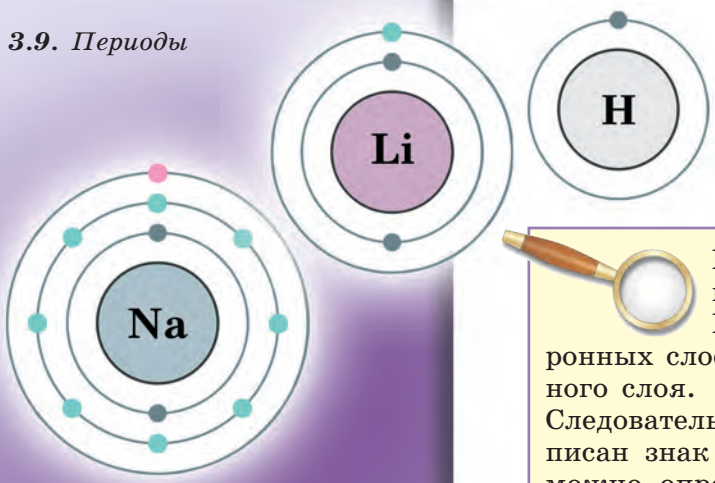
1) знаки химических элементов записывают слева направо в порядке возрастания зарядов атомных ядер;
2) нумеруют периоды сверху вниз.

В самой верхней строке таблицы, или, как говорят, в первом периоде, находятся только два химических элемента: водород и гелий. В атомах этих элементов только один электронный слой.

Атомы химических элементов с зарядами ядер от +3 до +10 имеют полностью заполненный первый электронный слой, а каждый новый электрон попадает на второй слой. Таким образом, в атомах этих химических элементов два электронных слоя, а в таблице знаки этих химических элементов записаны во втором периоде.

Периоды	Ряды	A I B	A II B	A III B
1	1	H 1 Водород 1,00794		
2	2	Li 3 Литий 6,941	Be 4 Бериллий 9,01218	B 5 Бор 10,811
3	3	Na 11 Натрий 22,98977	Mg 12 Магний 24,305	Al 13 Алюминий 26,98154
4	4	K 19 Калий 39,0983	Ca 20 Кальций 40,078	21 Sc Скандий 44,9559
	5	29 Cu Медь 63,546	30 Zn Цинк 65,39	Ga 31 Галлий 69,723

3.9. Периоды



Период — совокупность атомов с одинаковым числом электронных слоёв.

Номер периода соответствует числу электронных слоёв в атоме и номеру внешнего электронного слоя.

Следовательно, зная номер периода, в котором записан знак того или иного химического элемента, можно определить, сколько электронных слоёв в соответствующем атоме, а также номер внешнего электронного слоя.

МАЛЫЕ И БОЛЬШИЕ ПЕРИОДЫ Поскольку электронные слои имеют разную ёмкость, в разных периодах оказывается разное число химических элементов.

ЁМКОСТЬ ЭЛЕКТРОННЫХ СЛОЁВ И ПЕРИОДОВ

Номер электронного слоя	Ёмкость электронного слоя	Номер периода	Число химических элементов в периоде
1	2	1	2
2	8	2	8
3	18	3	8
4	32	4	18
5	50	5	18
6	72	6	32

Внимательно изучив таблицу, вы обнаружите несовпадение максимально возможного числа электронов на слое и числа химических элементов в периоде.

Причину такого несовпадения вы узнаете в 11 классе, а пока просто запомните, что периоды, в которых находится до 8 химических элементов включительно, называют **малыми периодами**, а периоды, в которых более 8 химических элементов, — **большими**.

ПЕРИОДЫ В РАЗНЫХ ФОРМАХ ТАБЛИЦЫ «ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА» В наиболее используемой в России и странах СНГ короткой форме таблицы малые периоды записывают в одну строку, а большие — в две. В странах дальнего зарубежья чаще пользуются длинной формой таблицы. В ней большие периоды, содержащие по 18 химических элементов, записаны в одну строку.

2	3 6,941 Li Литий	4 9,01218 Be Бериллий											5 10,811 B Бор	6 12,011 C Углерод	7 14,0067 N Азот	8 15,9994 O Кислород	9 18,998403 F Фтор	10 20,179 Ne Неон
3	11 22,98977 Na Натрий	12 24,305 Mg Магний	3 III B	4 IV B	5 V B	6 VI B	7 VII B	8 VIII B	9 VIII B	10 VIII B	11 I B	12 II B	13 26,98154 Al Алюминий	14 28,0855 Si Кремний	15 30,97376 P Фосфор	16 32,066 S Сера	17 35,453 Cl Хлор	18 39,948 Ar Аргон
4	19 39,0983 K Калий	20 40,078 Ca Кальций	21 44,9559 Sc Скандий	22 47,88 Ti Титан	23 50,9415 V Ванадий	24 51,9961 Cr Хром	25 54,9380 Mn Марганец	26 55,847 Fe Железо	27 58,9332 Co Кобальт	28 58,69 Ni Никель	29 63,546 Cu Медь	30 65,39 Zn Цинк	31 69,723 Ga Галлий	32 72,59 Ge Германий	33 74,9216 As Мышьяк	34 78,96 Se Селен	35 79,904 Br Бром	36 83,80 Kr Криптон

3.10. *Малые и большие периоды в длинной форме таблицы*

В результате малые периоды оказываются разорванными: в начале периода две клетки заполнены, затем разрыв в 10 клеток, и завершают период 6 заполненных клеток.

Короткая форма таблицы гораздо компактнее, но некоторую информацию найти в ней труднее, чем в длинной таблице. Именно об этой информации и будет идти речь в следующем параграфе.

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение свойств гидроксидов элементов III периода.

«ПОМОЩНИК»

- В выданных вам пробирках находятся гидроксиды элементов III периода периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева:
  - натрия;
  - магния;
  - алюминия;
  - фосфора;
  - серы.
- Опытным путём определите характер каждого из гидроксидов.

С 1869 г., когда Д.И. Менделеевым была составлена первая таблица с естественно-научной классификацией химических элементов, разными учёными было предложено более 500 вариантов таблицы, из которых для практического использования оказались пригодными только два.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Что называется периодом?
- Какие бывают периоды?
- Объясните, как найти периоды в разных формах таблицы.

33 ГРУППЫ

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Что называют группой химических элементов.
- Какие бывают группы.
- Каков физический смысл номера группы.

ВСПОМНИТЕ:

- Что такое периоды?
- Какие бывают периоды?
- В чём заключается физический смысл номера периода?

Номера групп

Периоды	Ряды	А I В	А II В
1	1	H 1 Водород 1,00794	
2	2	Li 3 Литий 6,941	Be 4 Бериллий 9,01218
3	3	Na 11 Натрий 22,98977	Mg 12 Магний 24,305
4	4	K 19 Калий 39,0983	Ca 20 Кальций 40,078
	5	29 Cu Медь 63,546	30 Zn Цинк 65,39
5	6	Rb 37 Рубидий 85,4678	Sr 38 Стронций 87,62
	7	47 Ag Серебро 107,8682	48 Cd Кадмий 112,41
6	8	Cs 55 Цезий 132,9054	Ba 56 Барий 137,33
	9	79 Au Золото 196,9665	80 Hg Ртуть 200,59

3.11. Группы химических элементов в короткой форме таблицы

Для элементов побочных подгрупп номер группы равен сумме чисел электронов на последнем слое и предпоследнем слое минус восемь.

Продолжим сопоставление химических свойств химических элементов и их соединений со строением электронных оболочек атомов. Теперь обратим своё внимание на элементы одной группы.

ГРУППЫ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В таблице «Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева» **группой** называют вертикальный столбец, в ячейках которого записаны знаки химических элементов. Нумеруют группы слева направо, номер записывают римской цифрой над ячейками первого периода.

Простые вещества, образованные химическими элементами одной группы, обладают сходными химическими свойствами. В ячейках первой группы записаны знаки химических элементов лития Li, натрия Na, калия K, рубидия Rb, цезия Cs и франция Fr. Они образуют простые вещества — металлы, которые активно взаимодействуют с кислородом воздуха и водой:

$$4Li + O_2 = 2Li_2O$$

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$$

Оксиды (R_2O) и гидроксиды (ROH) этих металлов имеют сходный состав и похожие химические свойства. Взаимодействуя с водой, они образуют щёлочи, поэтому их называют **щелочными металлами**.

В короткой форме таблицы, кроме этих химических элементов, есть ещё три: медь Cu, серебро Ag и золото Au. Они также образуют простые вещества — металлы, но их химические свойства резко отличаются от химических свойств щелочных металлов: они очень устойчивы к действию кислорода и воды (особенно золото), не вытесняют водород из растворов кислот. Поэтому знаки меди, серебра и золота смещены вправо относительно знаков щелочных металлов.

ГЛАВНЫЕ И ПОБОЧНЫЕ ПОДГРУППЫ В короткой форме таблицы «Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева» **главными** называют подгруппы, в которых химические элементы расположены в малых и больших периодах. Если подгруппа образована химическими элементами только больших периодов, то её называют **побочной**. Щелочные металлы расположены в малых и больших периодах — это химические элементы главной подгруппы I группы. Медь, серебро и золото также относятся к I группе, но среди них нет ни одного химического элемента малого периода. Поэтому медь, серебро и золото — химические элементы побочной подгруппы I группы.

В короткой форме таблицы главные и побочные подгруппы смещены относительно друг друга.

А- И В-ГРУППЫ В длинной таблице группы не делятся на подгруппы, но номера групп, обозначаемые римскими цифрами, повторяются дважды. Так, группа, в которой записаны химические знаки щелочных металлов, имеет номер I и этот же номер имеет группа, в которой записаны химические знаки меди, серебра и золота. Чтобы различить эти группы, в первом случае к номеру группы добавляют латинскую букву А, а во втором — латинскую букву В.

А-группа (для короткой формы таблицы главная подгруппа) — группа, образованная элементами малых и больших периодов.
В-группа (для короткой формы таблицы побочная подгруппа) — группа, образованная элементами только больших периодов.

Легко заметить, что I А-группа в длинной таблице соответствует главной подгруппе I группы в короткой таблице, а I В-группа — побочной подгруппе I группы.

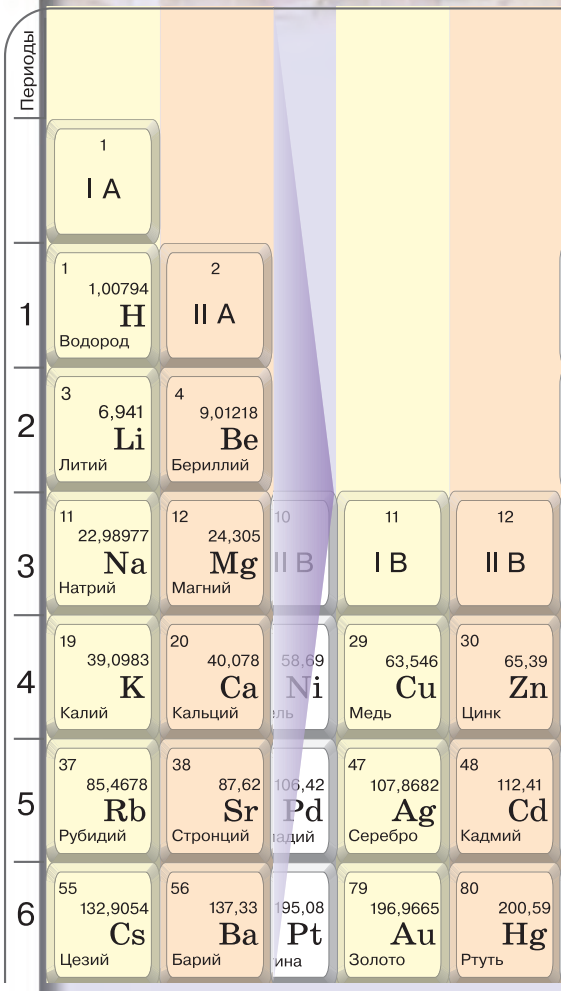
ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ НОМЕРА ГРУППЫ Сравним электронное строение атомов химических элементов, образующих малые периоды таблицы «Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева».

№	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
	H							He
1	1ē							2ē

	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
1	2ē	2ē	2ē	2ē	2ē	2ē	2ē	2ē
2	1ē	2ē	3ē	4ē	5ē	6ē	7ē	8ē

	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
1	2ē	2ē	2ē	2ē	2ē	2ē	2ē	2ē
2	8ē	8ē	8ē	8ē	8ē	8ē	8ē	8ē
3	1ē	2ē	3ē	4ē	5ē	6ē	7ē	8ē

Сравнение числа электронов на внешнем электронном слое с номером группы, к которой принадлежит химический элемент, раскрывает физический смысл номера группы: число электронов на внешнем электронном слое равно номеру группы. Это правило распространяется только на главные подгруппы!



3.12. А-группы и В-группы в длинной форме таблицы

3.13. Электронное строение атомов химических элементов малых периодов

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Что называют группой химических элементов?
- Какие бывают группы?
- Объясните, каков физический смысл номера группы.

34 ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН

ВЫ УЗНАЕТЕ:

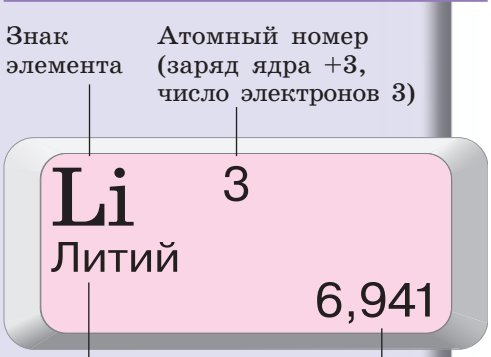
- Какая информация хранится в ячейках таблицы «Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева».
- Как изменяются свойства химических элементов в группах и периодах.
- Один из фундаментальных законов природы.

ВСПОМНИТЕ:

- Физический смысл номера периода.
- Физический смысл номера главной подгруппы (А-группы).
- Как изменяется число электронов на внешнем электронном слое с увеличением зарядов атомных ядер?

Классификация ради классификации — это совершенно бессмысленное занятие. Каждая научная классификация является не только способом освобождения памяти от несущественных подробностей, но и мощным инструментом познания. Именно с помощью классификации был открыт величайший закон природы.

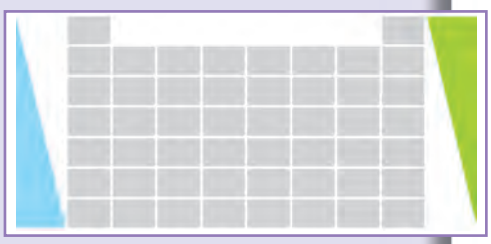
ИНФОРМАЦИЯ В ЯЧЕЙКАХ ТАБЛИЦЫ В каждой заполненной ячейке таблицы «Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева» записано название химического элемента, его химический знак и относительная атомная масса. Кроме того, каждая клетка пронумерована — это порядковый, или атомный, номер химического элемента. Эти номера были присвоены химическим элементам в 1869 г. Д.И. Менделеевым, а исследования, проведённые физиками почти полвека спустя, показали, что если за единицу измерения электрических зарядов принять заряд электрона, то порядковый номер будет равен заряду ядра атома.



ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ В ГРУППАХ Вы уже знаете, что химические свойства щелочных металлов очень похожи. Но они различаются своей активностью. Например, литий взаимодействует с кислородом воздуха относительно медленно, а цезий самовозгорается; теплоты, выделяющейся при взаимодействии лития с водой, недостаточно для воспламенения образующегося водорода, а если в воду поместить такой же по массе кусочек калия, выделяющийся водород вспыхивает. Таким образом, с увеличением зарядов атомных ядер щелочных металлов химическая активность простых веществ возрастает.

VII А-группа образована химическими элементами фтором F, хлором Cl, бромом Br, иодом I и астатом At. В природе они встречаются только в виде солей, поэтому для них используют общее название «галогены». Простые вещества — галогены — самые активные неметаллы, но с увеличением зарядов атомных ядер их активность уменьшается.

3.14. Изменение свойств простых веществ, соответствующих химическим элементам в группах



Металлические свойства

Неметаллические свойства

В А-группах (в главных подгруппах) свойства химических элементов и их соединений схожи, но проявление металлических свойств усиливается, а неметаллических ослабевает.

Различие между изменением химической активности щелочных металлов и галогенов кажущееся: усиление металлических свойств приводит к ослаблению неметаллических и наоборот, ведь металлы и неметаллы — антиподы.

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ В ПЕРИОДАХ Сравним простые вещества, образованные химическими элементами второго и третьего периодов.

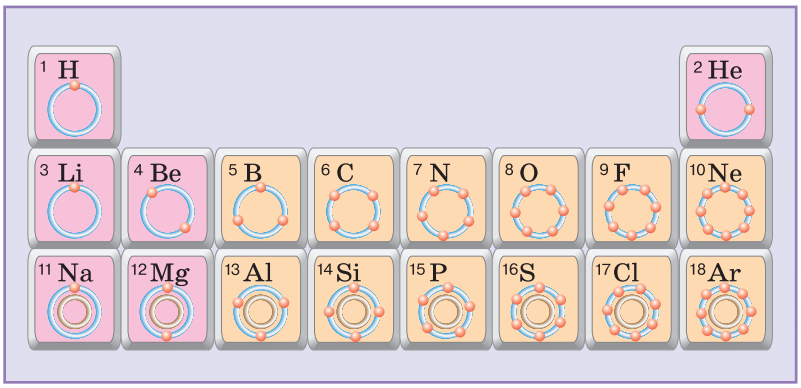
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar

В периоде металлические свойства простых веществ с увеличением зарядов атомных ядер ослабевают, а неметаллические, напротив, усиливаются. Во время практического занятия № 7 вы могли убедиться, что с увеличением зарядов атомных ядер основные свойства гидроксидов ослабевают, а кислотные усиливаются.

NaOH	$Mg(OH)_2$	$Al(OH)_3$	H_2SiO_3	H_3PO_4	H_2SO_4	$HClO_4$	–

ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН Как вы помните, в основание классификации химических элементов положено электронное строение атомов.

С увеличением заряда ядра периодически изменяется число электронов на внешнем электронном слое.



Также с увеличением зарядов атомных ядер периодически изменяются свойства химических элементов и их соединений. В этом заключается один из основных законов естествознания — **периодический закон**.

Свойства химических элементов и их соединений находятся в периодической зависимости от зарядов их атомных ядер.

3.15. Изменение свойств химических элементов в периодах

Металлические свойства

Неметаллические свойства

Периодический закон был сформулирован Д.И. Менделеевым задолго до того, как было установлено сложное строение атома. В менделеевской формулировке закон звучал так: «Свойства простых тел, а также формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости (или, выражаясь алгебраически, образуют периодическую функцию) от величины атомных весов элементов».

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Какая информация хранится в ячейках таблицы «Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева?
- Как изменяются свойства химических элементов в группах и периодах?
- Сформулируйте периодический закон.

35 ПРЕДСКАЗАНИЕ СВОЙСТВ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЗАКОНА

ВЫ УЗНАЕТЕ:

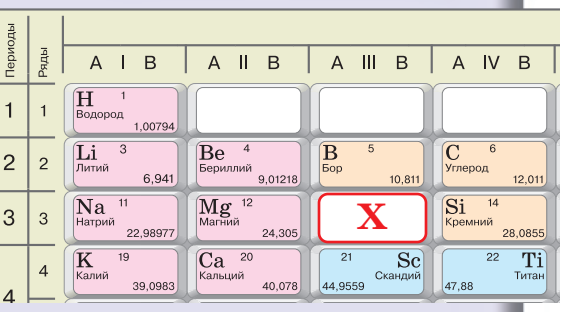
- Как, пользуясь таблицей «Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева», узнать основные свойства химических элементов и их соединений.

ВСПОМНИТЕ:

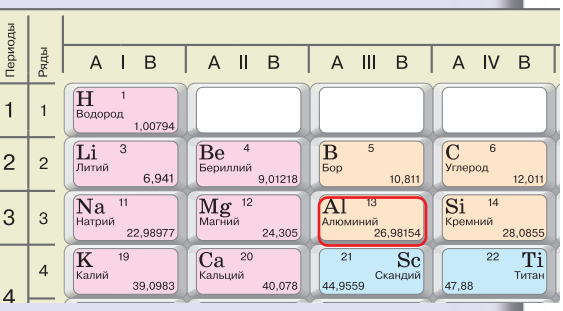
- Всё, что вы уже знаете о периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева.

С помощью периодического закона и классификации химических элементов Д.И. Менделеев сумел предсказать существование в то время ещё неоткрытых химических элементов и очень точно описать свойства простых веществ и соединений, которые образуют эти элементы. Знание периодического закона и периодической системы Д.И. Менделеева поможет узнать основные свойства тех химических элементов и их соединений, изучение которых не предусмотрено школьным курсом химии.

> Каждый элемент по периодической системе имеет место, определяемое группою и рядом. Они указывают главные признаки элемента. Таким образом, есть возможность предугадать свойства неизвестных ещё элементов, особенно тогда, когда он окружён известными.
>
> *Д.И. Менделеев*



Периоды	Ряды	A I B	A II B	A III B	A IV B
1	1	H 1 Водород 1,00794			
2	2	Li 3 Литий 6,941	Be 4 Бериллий 9,01218	B 5 Бор 10,811	C 6 Углерод 12,011
3	3	Na 11 Натрий 22,98977	Mg 12 Магний 24,305	X	Si 14 Кремний 28,0855
4	4	K 19 Калий 39,0983	Ca 20 Кальций 40,078	21 Sc Скандий 44,9559	22 Ti Титан 47,88



Периоды	Ряды	A I B	A II B	A III B	A IV B
1	1	H 1 Водород 1,00794			
2	2	Li 3 Литий 6,941	Be 4 Бериллий 9,01218	B 5 Бор 10,811	C 6 Углерод 12,011
3	3	Na 11 Натрий 22,98977	Mg 12 Магний 24,305	Al 13 Алюминий 26,98154	Si 14 Кремний 28,0855
4	4	K 19 Калий 39,0983	Ca 20 Кальций 40,078	21 Sc Скандий 44,9559	22 Ti Титан 47,88

ПРЕДСКАЗАНИЕ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВЫМ СУЩЕСТВОВАНИЯ НЕОТКРЫТЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ОПИСАНИЕ ИХ СВОЙСТВ

Рассмотрим фрагмент таблицы «Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева», в которую включены не все химические элементы.

«Неизвестный» химический элемент X окружают неметаллы бор, углерод, кремний; металлы магний, кальций и бериллий, оксид и гидроксид которого амфотерны. Химический элемент X занимает промежуточное положение между металлами и неметаллами, поэтому можно с известной долей уверенности говорить о том, что его химические свойства также будут промежуточными между металлами и неметаллами.

Составим химические формулы оксидов и под ними укажем их характер.

Состав и свойства оксида «неизвестного» элемента X можно определить по составу и свойствам оксидов соседних элементов. Этот оксид должен иметь такой же состав, какой имеет оксид бора, так как химические элементы бор и X принадлежат к одной группе. Следовательно, формула оксида будет X_2O_3.

Характер свойств оксида нечто среднее между основными свойствами (оксиды магния и кальция) и кислотными (оксиды бора, углерода и кремния). Учтём также близкое соседство амфотерного оксида бериллия. Это приводит нас к мысли о том, что оксид X_2O_3 обладает амфотерными свойствами.

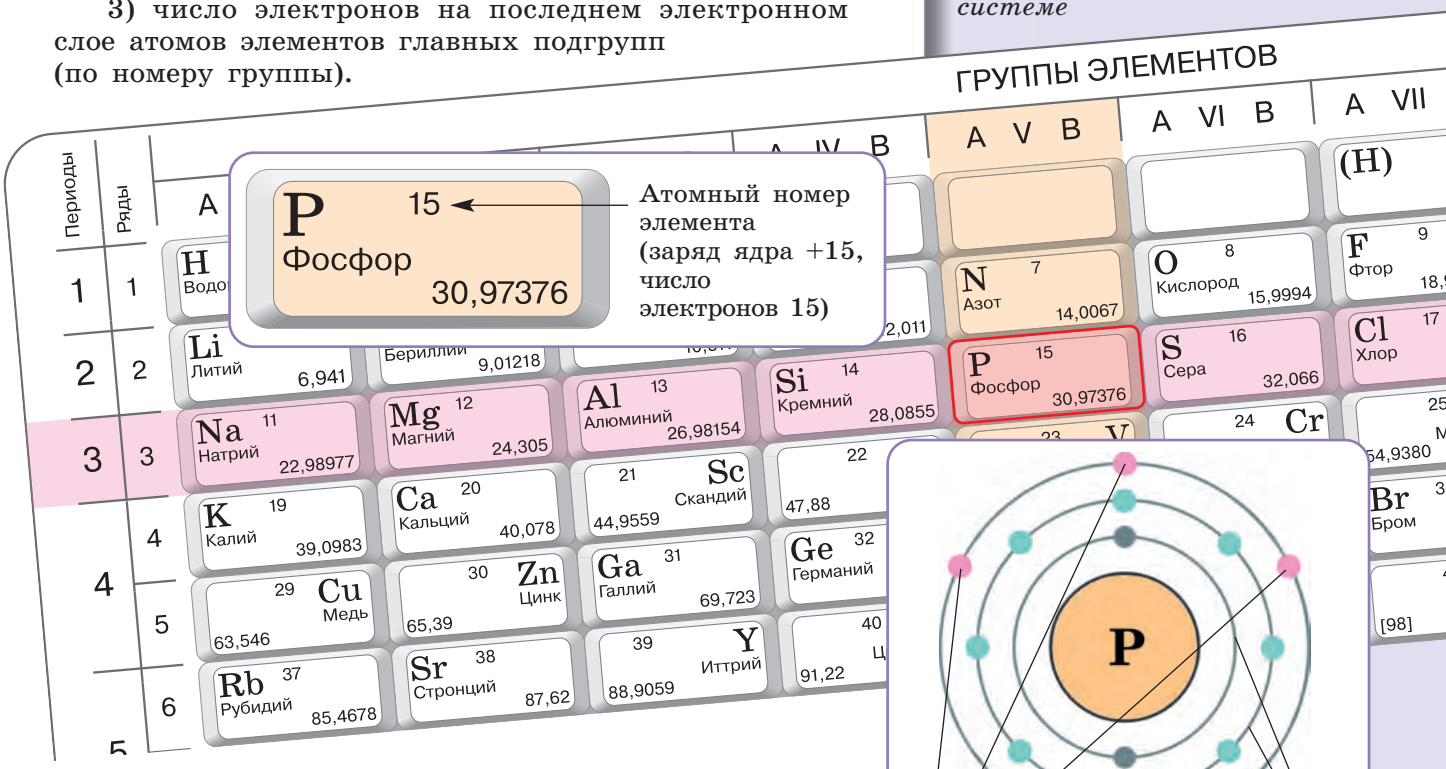
Посмотрим на современную таблицу «Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева» и увидим, что за «неизвестным» элементом X скрывался хорошо знакомый алюминий, который образует оксид состава Al_2O_3 с амфотерными свойствами.

ХАРАКТЕРИСТИКА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ИХ ПОЛОЖЕНИЮ В ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ Зная положение химического элемента в периодической системе, можно легко установить:

1) заряд ядра атома и общее число электронов в атоме химического элемента (по порядковому номеру элемента);

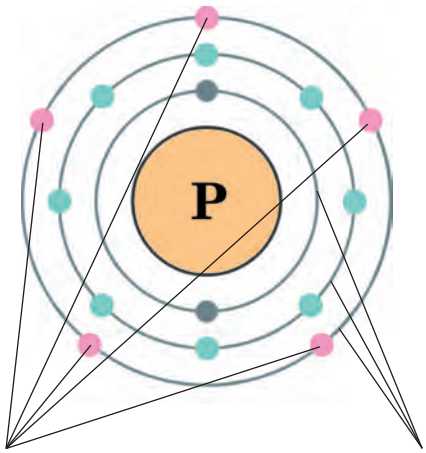
2) число электронных слоёв в атоме (по номеру периода);

3) число электронов на последнем электронном слое атомов элементов главных подгрупп (по номеру группы).



3.16. Характеристика химических элементов по их положению в периодической системе

Кроме этого, зная положение химического элемента в периодической системе, можно составить формулу его высшего оксида, в котором валентность элемента равна номеру группы. В водородном соединении валентность элемента равна разности между числом 8 и номером группы. При этом нужно помнить, что летучие водородные соединения образуют только элементы главных подгрупп IV–VII групп.



P_2O_5 — высший оксид
PH_3 — водородное соединение

Пример использования периодической системы для описания свойств химического элемента.

Атом сурьмы Sb имеет заряд ядра +51, следовательно, в атоме сурьмы 51 электрон. Все эти электроны распределены по пяти электронным слоям. На последнем, пятом слое находится 5 электронов. Формула высшего оксида сурьмы Sb_2O_5, а летучего водородного соединения SbH_3.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Расскажите, как, пользуясь таблицей «Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева», узнать основные свойства химических элементов и их соединений на примерах натрия, бериллия, серы и неона.

36 НАУЧНЫЙ ПОДВИГ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Как был открыт периодический закон.
- Почему создание периодической системы называют научным подвигом.

ВСПОМНИТЕ:

- По каким основаниям мы классифицировали химические элементы?
- Как периодический закон был сформулирован Д.И. Менделеевым?

«Мне не в чем каяться, ибо ни капиталу, ни грубой силе, ни своему достатку я ни на йоту при этом не служил, а только старался и, пока могу, буду стараться дать плодотворное промышленное дело своей стране».

Д.И. Менделеев. Заветные мысли

ОТКРЫТИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЗАКОНА Над классификацией химических элементов Д.И. Менделеев работал в течение нескольких лет, но решил эту проблему 17 февраля по старому стилю (1 марта по современному календарю) 1869 г. Д.И. Менделеев сравнил химические элементы, которые резко различались по всем своим свойствам, кроме одного — их относительные атомные массы были очень близки. Этими элементами были хлор и калий. Запишем химические знаки этих химических элементов друг под другом, обозначив их относительные атомные массы так, как сделал Д.И. Менделеев:

Cl = 35,5
K = 39

Хлор — представитель естественной группы галогенов, а калий — щелочных металлов. Дополним запись знаками галогенов и щелочных металлов:

	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	I = 127
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85	Cs = 133

По значениям относительных атомных масс к галогенам наиболее близки элементы естественной группы кислорода (халькогены), а к щелочным металлам — щёлочно-земельные металлы:

	O = 16	S = 32	Se = 79	Te = 128
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	I = 127
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85	Cs = 133
Be = 9	Mg = 24	Ca = 40	Sr = 88	Ba = 137

Д.И. Менделеев продолжил располагать химические элементы по принципу наименьшей разности относительных атомных масс и наибольшей сходности химических свойств и получил таблицу.

Анализ составленной таблицы показывает явную зависимость свойств химических элементов от относительной атомной массы, причём эта зависимость носит периодический характер.

3.17. Простые вещества — хлор Cl_2 и калий K

Классификация химических элементов на основе периодического закона была создана в 1869 г., а первая чёткая формулировка периодического закона появилась только год спустя (1870) в учебнике Д.И. Менделеева «Основы химии».

«ПРОБЛЕМЫ» ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Обратим внимание на особенности классификации химических элементов, предложенной Д.И. Менделеевым.

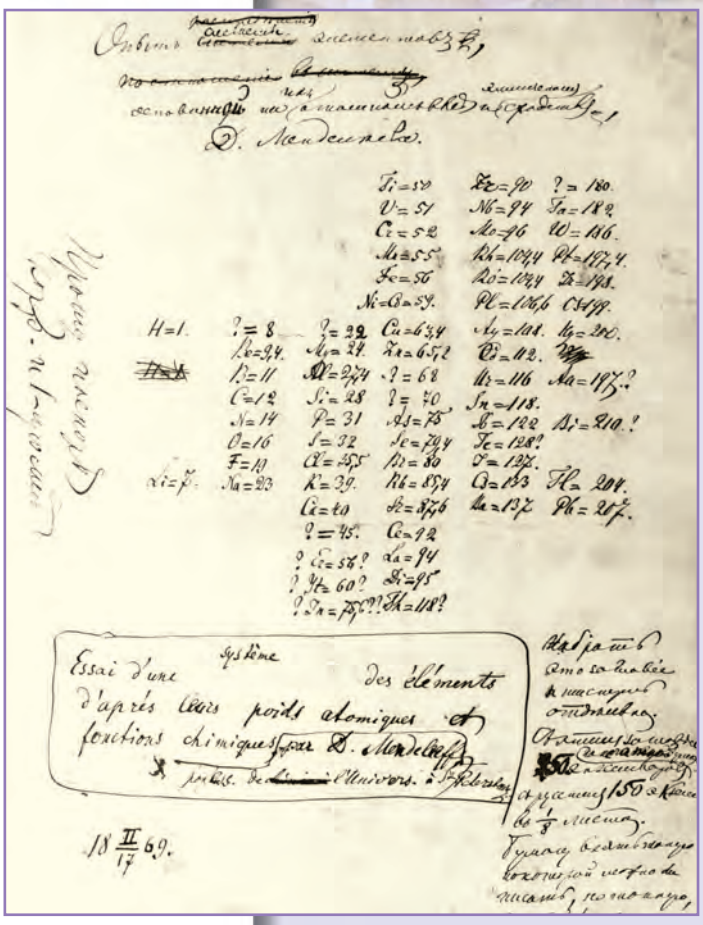
В классификации Д.И. Менделеева относительные атомные массы некоторых элементов (например, бериллия Be, урана U) отличаются от тех, которые были приняты в естествознании середины XIX в., т.е. русский учёный исправил значения относительных атомных масс некоторых химических элементов.

Почти все химические элементы Д.И. Менделеев располагал в порядке увеличения относительной атомной массы, но несколько раз нарушал эту последовательность, поставив в таблице химический элемент с большей атомной массой перед химическим элементом с меньшей атомной массой.

В классификации Д.И. Менделеева есть химические элементы, обозначенные вопросительным знаком, т.е. неизвестные науке того времени. Но и для этих ещё неоткрытых тогда элементов указаны относительные атомные массы.

Эти факты позволили некоторым крупным учёным XIX в. выказать негативное отношение к открытию и усомниться в справедливости периодического закона. Особенно резко выступал против периодического закона и периодической системы немецкий химик Клеменс Винклер, который не верил в возможность предсказания свойств неоткрытых химических элементов. Но когда он сам открыл третий предсказанный Менделеевым химический элемент германий Ge, то, как истинный учёный, Винклер написал: «Вряд ли может существовать более ясное доказательство справедливости учения о периодичности элементов, чем открытие до сих пор гипотетического экасилиция. Оно знаменует собой выдающееся расширение химического поля зрения, гигантский шаг в области познания».

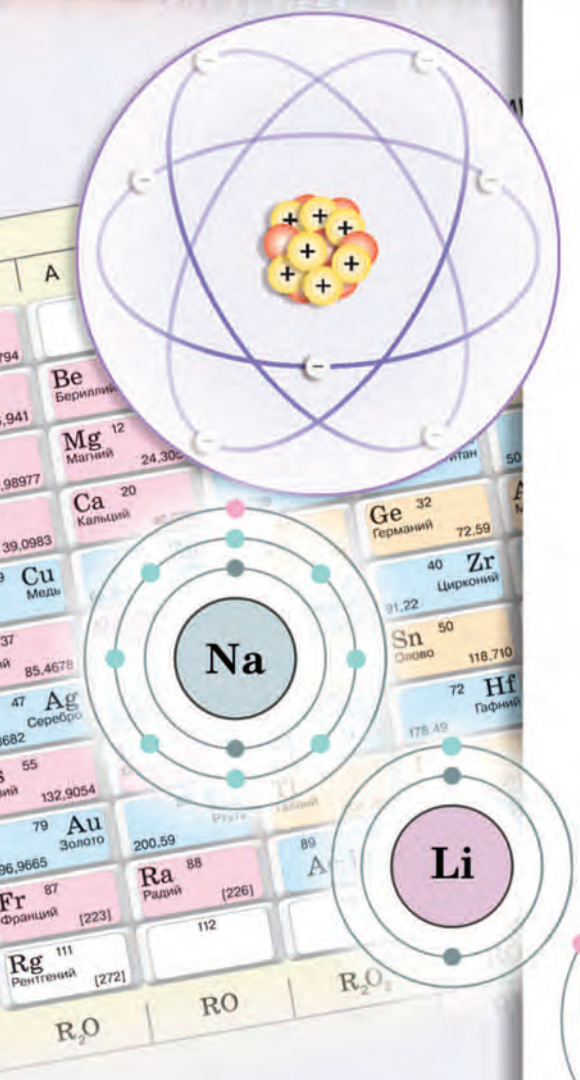
Дальнейшее развитие химической науки показало, что Д.И. Менделеев был прав, исправляя неправильно определённые относительные атомные массы и делая перестановки элементов в таблице. Немецкий философ и экономист XIX в. Фридрих Энгельс писал, что «Менделеев, применяя бессознательно гегелевский закон о переходе количества в качество, совершил научный подвиг, который смело можно поставить рядом с открытием Леверрье, вычислившего орбиту ещё неизвестной планеты Нептун».



3.18. Рукописный вариант таблицы Д.И. Менделеева

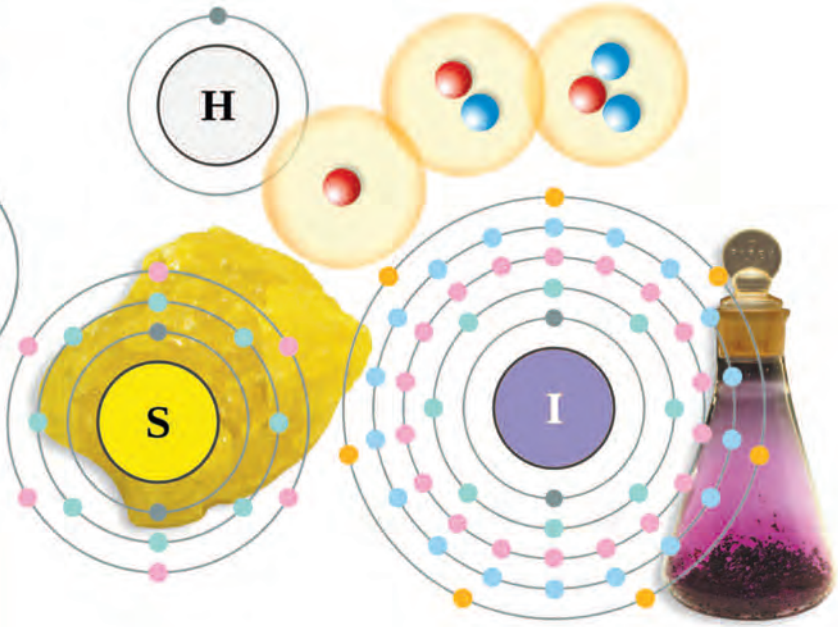
ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Прочитайте ещё раз эпиграф к этому параграфу. Оцените это высказывание с позиций сегодняшнего дня, отвечая на вопрос: освобождает ли человека его гениальность от нравственных проблем, от гражданской ответственности?
- По словам Д.И. Менделеева, «история есть неизбежная колея, по которой движется какой бы то ни было научный или общественный прогресс... Это прошлое, оно очень важно, чтобы понимать настоящее». Согласны ли вы с этим? Сформулируйте своё отношение к изучению в школе истории химии.



ПОДВЕДЁМ ИТОГИ

- Свойства химических элементов и их соединений находятся в периодической зависимости от зарядов атомных ядер.
- Периодическое изменение свойств химических элементов обусловлено периодическим изменением числа валентных электронов в атомах.
- Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева — естественно-научная классификация химических элементов.
- Химический элемент — совокупность атомов с одинаковым зарядом ядра.
- Изотопы — разновидности атомов одного и того же химического элемента, различающиеся массой.



ВОПРОСЫ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ:

- Идея классификации химических элементов на основе их относительных атомных масс к моменту открытия Д.И. Менделеевым периодического закона уже использовалась другими учёными: во Франции – Шанкуртуа, в Англии – Ньюлендсом, в Германии – Мейером и Деберейнером.

1. Почему попытки предшественников Д.И. Менделеева не увенчались успехом?

2. Чем отличался подход Менделеева к классификации химических элементов от подхода его предшественников?

ГЛАВА IV

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ОТНОШЕНИЯ В ХИМИИ

- КОЛИЧЕСТВО ВЕЩЕСТВА
- МОЛЯРНАЯ МАССА
- РАСЧЁТЫ ПО УРАВНЕНИЯМ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ
- МОЛЯРНЫЙ ОБЪЁМ. ЗАКОН АВОГАДРО
- РАСЧЁТЫ ПО УРАВНЕНИЯМ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ
- ОБЪЁМНЫЕ ОТНОШЕНИЯ ГАЗОВ ПРИ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЯХ

КОРОТКО О ГЛАВНОМ

Для понимания химических явлений в смысле механическом, т.е. для изучения хода химических явлений, особо важным должно считать... сведения стехиометрии или той части химии, которая изучает весовое и объёмное количественное отношение между реагирующими веществами.

Д.И. Менделеев. Основы химии

37 КОЛИЧЕСТВО ВЕЩЕСТВА

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Новую характеристику вещества.
- В каких единицах измеряется эта характеристика.
- Как нужно правильно читать уравнения химических рекаций.

ВСПОМНИТЕ:

- Определение изотопов.
- Единицы массы.

Обратившись к популярному Толковому словарю русского языка Д.Н. Ушакова, обнаружим, что в бытовой речи словом «количество» обозначается число, величина, объём, масса. В научной речи за каждым термином закреплено одно и только одно значение.

КОЛИЧЕСТВО ВЕЩЕСТВА Одной из важнейших физических величин является количество вещества. Она отличается от таких известных вам характеристик вещества, как масса и объём:

- масса характеризует меру инерции вещества: чем больше инертность вещества, тем больше его масса;
- объём характеризует ту величину пространства, которое занимает вещество;
- количество вещества определяется числом структурных единиц, из которых состоит вещество.

Такими структурными единицами могут быть известные вам атомы, молекулы, ионы.

ЕДИНИЦА КОЛИЧЕСТВА ВЕЩЕСТВА За единицу количества вещества принято число атомов, содержащихся в 12 г изотопа углерода, с относительной атомной массой 12.

Учитывая, что один атом такого изотопа имеет массу $1{,}99 \cdot 10^{-23}$ г, можно вычислить число атомов в образце углерода массой 12 г:

$$N_A = \frac{12}{1{,}99 \cdot 10^{-23}} \approx 6{,}02 \cdot 10^{23}$$

Это число называют числом Авогадро в честь итальянского учёного Амедео Авогадро, внёсшего значительный вклад в развитие естествознания.

Авогадро Амедео
1776–1856
Итальянский физик и химик, заложивший основы молекулярной теории. Первым определил правильные значения относительных атомных масс некоторых веществ. Открыл закон, названный его именем.

Количество вещества, в котором число структурных единиц равно числу Авогадро, называют **молем** (лат. *moles* — количество).

Зная определение единицы количества вещества, легко связать число структурных единиц, образующих тот или иной образец вещества, с количеством вещества:

$$n = \frac{N}{N_A},$$

где строчной латинской буквой n обозначено количество вещества, прописной латинской буквой N — число структурных единиц, образующих образец вещества.

Полное название и сокращённое обозначение единицы количества вещества совпадают: полное название «моль», сокращённое обозначение тоже «моль». В устной речи и при записи словами, а не цифрами используется полное название, которое склоняется: один моль, три с половиной моля. При записи цифрами используется сокращённое обозначение, которое не склоняется: 1 моль, 3,5 моль.

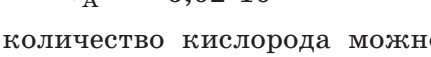
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ 1. Число атомов углерода в алмазе «Орлов» равно $1{,}905 \cdot 10^{24}$. Какое количество вещества углерода он содержит?

Для решения задачи используем формулу, связывающую количество вещества с числом структурных единиц, которыми в данном случае являются атомы углерода:

$$n(\text{C}) = \frac{N(\text{C})}{N_\text{A}} = \frac{1{,}905 \cdot 10^{24}}{6{,}02 \cdot 10^{23}} = 3{,}1 \text{ моль}$$

2. Какое количество кислорода можно получить при разложении 5 моль пероксида водорода?

Для решения этой задачи необходимо составить уравнение химической реакции разложения пероксида водорода на воду и кислород:



$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$$

Взять для химической реакции две молекулы пероксида водорода мы не можем, но можем взять $2N_\text{A}$ молекул, т.е. 2 моль. Тогда в N_A раз увеличится и число молекул воды, и число молекул кислорода.

Прочитаем уравнение химической реакции разложения пероксида водорода с учётом увеличения числа молекул всех веществ в N_A раз:

«Два моля пероксида водорода разлагаются на два моля воды и один моль кислорода».

Таким образом, коэффициенты в уравнении химической реакции обозначают соотношения количеств веществ, принимающих участие в химической реакции.

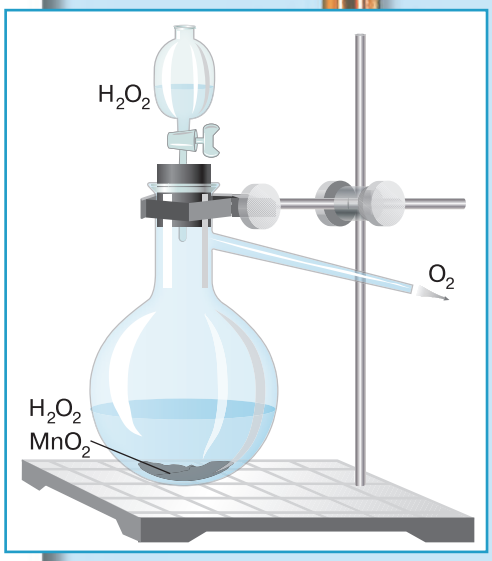
Из уравнения химической реакции следует, что количество образующегося кислорода в два раза меньше количества взятого для химической реакции пероксида водорода:

$$n(O_2) = \frac{n(H_2O_2)}{2}$$

Для химической реакции взяли 5 моль пероксида водорода, значит, количество кислорода будет равно:

$$n(O_2) = \frac{5}{2} = 2{,}5 \text{ моль}$$

4.1. Алмаз «Орлов»



4.2. Прибор для получения кислорода из пероксида водорода H_2O_2

Стандартный лист бумаги для принтера имеет размер 21×30 см, а масса 1 м² этой бумаги равна 80 г. Если бы мы взяли N_A листов, то их площадь составила бы $3{,}75 \cdot 10^{16}$ км², а масса — $3 \cdot 10^{12}$ т. Для сравнения: масса биосферы на Земле оценивается величиной $2{,}4 \cdot 10^{12}$ т.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Что называют количеством вещества?
- В каких единицах измеряется количество вещества?
- Что означают коэффициенты в уравнении химической реакции?

38 МОЛЯРНАЯ МАССА

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Как связаны между собой масса и количество вещества.

ВСПОМНИТЕ:

- Определения понятий «относительная атомная масса» и «относительная молекулярная масса».

Как практически осуществить химическую реакцию, которая была рассмотрена во второй задаче предыдущего параграфа? Никто не может пересчитать число молекул пероксида водорода, образующих 2,5 моль этого вещества. На это потребовалось бы более чем $9{,}5 \cdot 10^{14}$ лет при условии, что каждую секунду отсчитывают 100 молекул пероксида водорода. Решение проблемы состоит во введении ещё одной физической величины.

МАССА ОДНОГО МОЛЯ ВЕЩЕСТВА Вспомним, что за единицу измерения масс атомов и молекул принимают $^1/_{12}$ часть массы атома углерода-12. Массы атомов и молекул, измеренных в этих единицах, называют соответственно относительной атомной и относительной молекулярной массами.

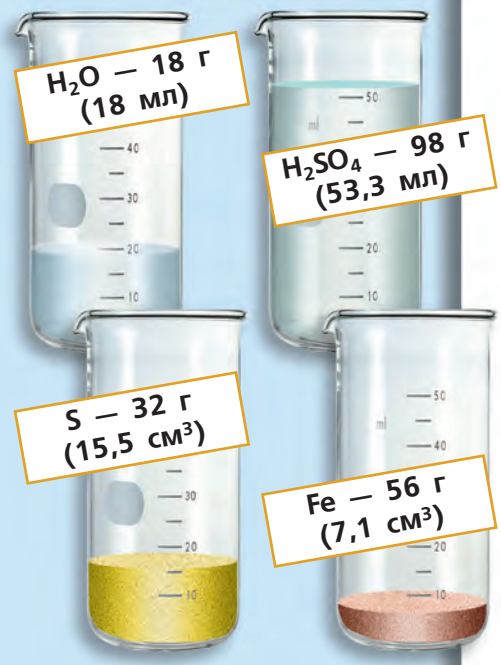
Обратим внимание на то, что за 1 моль принято такое количество вещества, в котором содержится столько же структурных единиц, сколько атомов содержится в 12 г изотопа углерода-12. Из этого следует, что 1 моль изотопа углерода-12 имеет массу 12 г.

Если относительная молекулярная масса водорода H_2 в шесть раз меньше относительной атомной массы изотопа углерода-12, то и масса 1 моль водорода будет в 6 раз меньше массы 1 моль изотопа углерода-12, т.е. будет равна 2 г.

Вещество	M_r	Отношение $\frac{M_r(\text{в-ва})}{A_r(\text{C})}$	Масса одного моля вещества
Углерод C	12	$\frac{12}{12} = 1$	12 г
Водород H_2	2	$\frac{2}{12} = \frac{1}{6}$	$12 \cdot \frac{1}{6} = 2$ г
Магний Mg	24	$\frac{24}{12} = 2$	$12 \cdot 2 = 24$ г
Серная кислота H_2SO_4	98	$\frac{98}{12} = \frac{49}{6}$	$12 \cdot \frac{49}{6} = 98$ г

Численное значение массы одного моля вещества равно значению относительной молекулярной массы этого вещества. Следовательно, масса трёх молей вещества будет равна утроенному значению относительной молекулярной массы, а масса полмоля — половине значения относительной молекулярной массы.

Приблизительно до начала 70-х гг. XX в. в учебной и научной химической литературе встречались термины «грамм-атом» и «грамм-молекула». Вот какие определения приведены в учебнике химии для 8–10 классов, изданном в 1950 г.: *Грамм-атом* — это количество граммов элемента, численно равное его атомному весу; *Грамм-молекула* (сокращённо — моль) — это количество граммов вещества, численно равное его молекулярному весу.



4.3. Масса и объём одного моля разных веществ

МОЛЯРНАЯ МАССА Количество вещества n и его масса m связаны физической величиной, которую называют молярной массой M:

$$M = \frac{m}{n}$$

Масса одного моля вещества по значению равна относительной молекулярной массе этого вещества. Возьмём 1 моль углекислого газа, относительная молекулярная масса которого равна 12 + 2·16 = 44, отношение массы вещества к его количеству равно:

$$M(CO_2) = \frac{44}{1} = 44 \text{ г/моль}$$

Полмоля карбоната кальция имеют массу, равную половине относительной молекулярной массы мела, т.е.

$$0{,}5 \cdot (40 + 12 + 3 \cdot 16) = 0{,}5 \cdot 100 = 50 \text{ г.}$$

Отношение массы мела к его количеству в этом случае равно:

$$M(CaCO_3) = \frac{50}{0{,}5} = 100 \text{ г/моль}$$

Таким образом, значение молярной массы вещества равно значению относительной молекулярной массы вещества.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ Знание молярной массы вещества позволяет проводить разнообразные расчёты.

1. Какую массу имеют 17 моль поваренной соли?

Если $M = \frac{m}{n}$, то $m = n \cdot M$. Для решения задачи в её условии есть одно необходимое данное. Молярную массу рассчитываем по химической формуле хлорида натрия:

$$M(NaCl) = 23 + 35{,}5 = 58{,}5 \text{ г/моль}$$

Рассчитываем массу 17 моль поваренной соли:

$$m(NaCl) = 17 \text{ моль} \cdot 58{,}5 \text{ г/моль} = 994{,}5 \text{ г}$$

2. Какое количество вещества образуют 100 г едкого натра?

Если $M = \frac{m}{n}$, то $n = \frac{m}{M}$. Рассчитываем молярную массу гидроксида натрия по химической формуле:

$$M(NaOH) = 23 + 16 + 1 = 40 \text{ г/моль}$$

Разделив массу на молярную массу, найдём количество едкого натра:

$$n(NaOH) = \frac{m(NaOH)}{M(NaOH)} = \frac{100 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 2{,}5 \text{ моль}$$

В химии принято измерять массу в граммах, а количество вещества в молях. Отсюда размерность молярной массы — г/моль.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Какая физическая величина называется молярной массой?
- В каких единицах измеряется молярная масса?
- Как рассчитать молярную массу вещества?

39 РАСЧЁТЫ ПО УРАВНЕНИЯМ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Как, зная массу одного из веществ, принимающих участие в химической реакции (продукта или исходного вещества), рассчитать массу другого участника этой химической реакции.

ВСПОМНИТЕ:

- Что означают коэффициенты в уравнении химической реакции?

Знание связи между количеством вещества и его массой, а также умение правильно читать уравнения химических реакций позволяют точно рассчитывать, сколько исходных веществ нужно взять для того, чтобы получить заданную массу нужного продукта. Это особенно важно для промышленных предприятий, но умение проводить расчёты по химическим уравнениям может пригодиться и в повседневной жизни.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ Для того чтобы рассчитать массу одного из участников химической реакции по известной массе другого участника этой же химической реакции, необходимо:

1) знать математическую формулу, отражающую связь физических величин «масса» и «количество вещества»;

2) уметь правильно составлять уравнения химических реакций.

Пример 1. Сколько граммов негашёной извести можно получить прокаливанием 50 г известняка?

Прежде всего запишем условие задачи, используя для этого принятые обозначения:

Дано:
$m(CaCO_3) = 50$ г
$m(CaO)$ — ?

Для решения задачи необходимы дополнительные данные — молярные массы веществ, которые указаны в условии задачи.

Дано:
$m(CaCO_3) = 50$ г
$m(CaO)$ — ?

Дополнительные данные:
$M(CaCO_3) = 100$ г/моль
$M(CaO) = 56$ г/моль

Составляем уравнение химической реакции:

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

Решение:

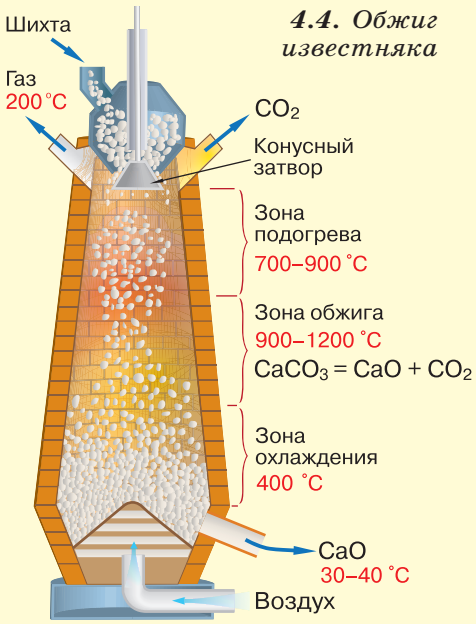
1. Какое количество карбоната кальция имеет массу 50 г?

$$n(CaCO_3) = \frac{m(CaCO_3)}{M(CaCO_3)}$$

$$n(CaCO_3) = \frac{50\ г}{100\ г/моль} = 0{,}5\ моль$$

2. Чему равно отношение количества оксида кальция к количеству карбоната кальция в соответствии с уравнением химической реакции?

$$\frac{n(CaO)}{n(CaCO_3)} = \frac{1}{1}$$



4.4. Обжиг известняка

3. Чему равно количество оксида кальция, образующееся из 0,5 моль карбоната кальция?

$$n(CaO) = n(CaCO_3) \cdot \frac{1}{1}$$

$$n(CaO) = 0{,}5 \cdot \frac{1}{1} = 0{,}5 \text{ моль}$$

4. Какую массу имеют 0,5 моль оксида кальция?

$$m(CaO) = n(CaO) \cdot M(CaO)$$

$$m(CaO) = 0{,}5 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 28 \text{ г}$$

Ответ: из 50 г известняка можно получить 28 г негашёной извести.

Пример 2. Сколько граммов гидроксида железа(III) может вступить в химическую реакцию с раствором, содержащим 58,8 г серной кислоты?

Дано:	*Дополнительные данные:*
$m(H_2SO_4) = 58{,}8$ г	$M(H_2SO_4) = 98$ г/моль
$m(Fe(OH)_3)$ — ?	$M(Fe(OH)_3) = 107$ г/моль

Решение:

$$2Fe(OH)_3 + 3H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 6H_2O$$

1. Какое количество серной кислоты имеет массу 58,8 г?

$$n(H_2SO_4) = \frac{m(H_2SO_4)}{M(H_2SO_4)}$$

$$n(H_2SO_4) = \frac{58{,}8 \text{ г}}{98 \text{ г/моль}} = 0{,}6 \text{ моль}$$

2. Чему равно отношение количества гидроксида железа(III) к количеству серной кислоты в соответствии с уравнением химической реакции?

$$\frac{n(Fe(OH)_3)}{n(H_2SO_4)} = \frac{2}{3}$$

3. Чему равно количество гидроксида железа(III), вступающее в химическую реакцию с 0,6 моль серной кислоты?

$$n(Fe(OH)_3) = n(H_2SO_4) \cdot \frac{2}{3}$$

$$n(Fe(OH)_3) = 0{,}6 \cdot \frac{2}{3} = 0{,}4 \text{ моль}$$

4. Какую массу имеют 0,4 моль гидроксида железа(III)?

$$m(Fe(OH)_3) = n(Fe(OH)_3) \cdot M(Fe(OH)_3)$$

$$m(Fe(OH)_3) = 0{,}4 \text{ моль} \cdot 107 \text{ г/моль}$$

Ответ: в реакцию с серной кислотой может вступить 42,8 г гидроксида железа(III).

В этом параграфе приведён лишь один из множества способов проведения расчётов по уравнениям химических реакций. С другими способами вы можете познакомиться, используя дополнительную литературу.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Представьте последовательность проведения расчётов по уравнениям химических реакций в виде схемы.

40 МОЛЯРНЫЙ ОБЪЁМ. ЗАКОН АВОГАДРО

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Как связаны друг с другом объём и количество вещества.
- Закон Авогадро.

ВСПОМНИТЕ:

- Какая физическая величина связывает массу и объём вещества?

Измерить массу твёрдого вещества легко, массу жидкости несколько сложнее, так как приходится учитывать массу сосуда, в котором она находится. Ещё труднее измерить массу газа, который всегда стремится вырваться из сосуда, в котором он находится. Поэтому для газов, как правило, измеряют не массу, а объём. Какова связь между количеством вещества и объёмом газа?

МОЛЯРНЫЙ ОБЪЁМ Если по аналогии с понятием «молярная масса» вы предположите, что молярным объёмом вещества называют отношение объёма вещества к его количеству, то не ошибётесь.

Молярный объём — отношение объёма вещества к его количеству.

Вещество	Объём V	Количество вещества n	Молярный объём $V_m = \frac{V}{n}$
Водород H_2	56 л	2,5 моль	22,4 л/моль
Вода H_2O	0,18 л	10 моль	0,018 л/моль
Железо Fe	2,85 см³	0,4 моль	7,12 см³/моль

МОЛЯРНЫЙ ОБЪЁМ ГАЗА Молярные объёмы газов легко вычислить, зная их молярную массу и плотность:

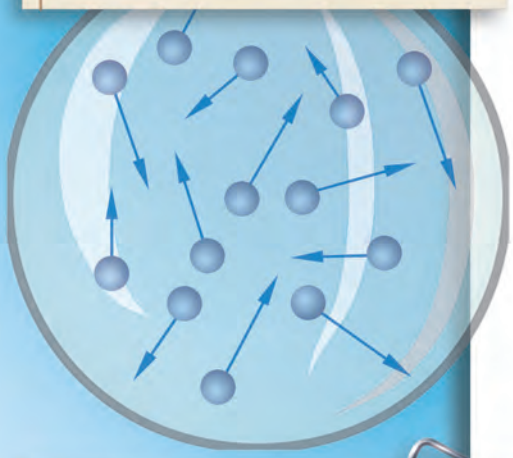
$$V_m = \frac{M}{\rho}$$

Эти вычисления приводят, казалось бы, к парадоксальным результатам.

Газ	Молярная масса	Плотность	Молярный объём
Водород H_2	2 г/моль	0,089 г/л	22,4 л/моль
Кислород O_2	32 г/моль	1,429 г/л	22,4 л/моль
Метан CH_4	16 г/моль	0,714 г/л	22,4 л/моль
Фосген $COCl_2$	99 г/моль	4,420 г/л	22,4 л/моль

При нормальных условиях, т.е. при температуре 0 °C и давлении в 1 атмосферу, 1 моль любого газа занимает объём 22,4 л.

Американский учёный Р. Фейнман для наглядного представления о том, как ведут себя молекулы газа в сосуде, в своих лекциях приводит пример комнаты, в которой множество теннисных мячей беспорядочно и беспрерывно прыгают повсюду, ударяясь о стены.



Значение молярного объёма 22,4 л/моль справедливо только для нормальных условий. При повышении температуры или при уменьшении давления молярный объём увеличивается, а при понижении температуры или при увеличении давления, напротив, уменьшается.

ЗАКОН АВОГАДРО Этот парадокс объясняет закон Авогадро.

> Равные объёмы газов, взятые при одинаковых условиях, т.е. при одинаковом давлении и одинаковой температуре, содержат одинаковое число молекул.

Если взять по одному молю газов, например кислорода и углекислого газа, то в сосудах окажется по $6{,}02 \cdot 10^{23}$ молекул кислорода и оксида углерода(IV). Одинаковое число молекул при одних и тех же условиях занимает одинаковый объём, поэтому молярные объёмы всех газов оказываются равными и при нормальных условиях равны 22,4 л/моль.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ Зная молярные объёмы газов, можно рассчитать плотность любого газа.

Пример 1. Чему равна плотность угарного газа?

Дано:	*Дополнительные данные:*
CO	$M(CO) = 28$ г/моль
$\rho(CO)$ — ?	

Решение:

$$\rho(CO) = \frac{M(CO)}{V_m}$$

$$\rho(CO) = \frac{28 \text{ г/моль}}{22{,}4 \text{ л/моль}} = 1{,}25 \text{ г/л}$$

Пример 2. Чему равна плотность углекислого газа?

Дано:	*Дополнительные данные:*
CO_2	$M(CO_2) = 44$ г/моль
$\rho(CO_2)$ — ?	

Решение:

$$\rho(CO_2) = \frac{M(CO_2)}{V_m}$$

$$\rho(CO_2) = \frac{44 \text{ г/моль}}{22{,}4 \text{ л/моль}} = 1{,}96 \text{ г/л}$$

Пример 3. Чему равна плотность неона?

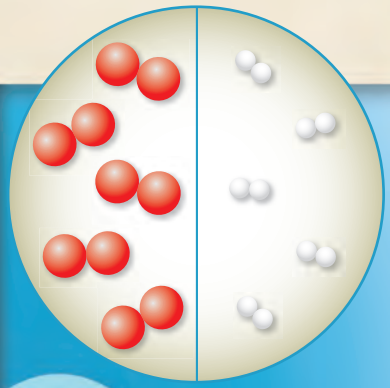
Дано:	*Дополнительные данные:*
Ne	$M(Ne) = 20$ г/моль
$\rho(Ne)$ — ?	

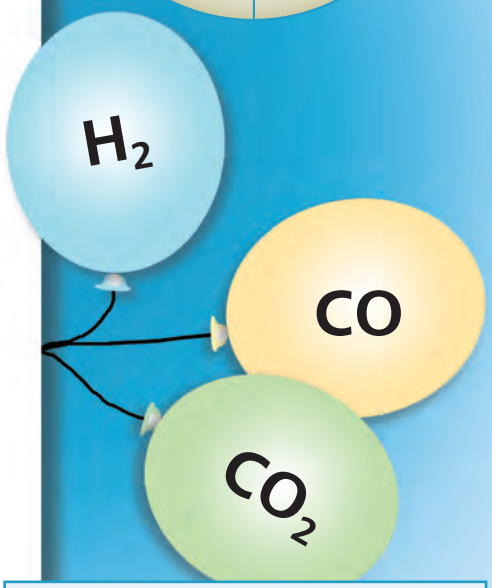
Решение:

$$\rho(Ne) = \frac{M(Ne)}{V_m}$$

$$\rho(Ne) = \frac{20 \text{ г/моль}}{22{,}4 \text{ л/моль}} = 0{,}89 \text{ г/л}$$

А. Авогадро на основе проведённых экспериментов, предположил, что газообразные простые вещества состоят не из атомов, а двухатомных молекул. Размеры молекул не влияют на их объём.





ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Какая физическая величина связывает количество и объём вещества? Запишите математическую формулу связи количества и объёма вещества.
- Сформулируйте закон Авогадро.
- Объясните, почему молярные объёмы всех газов при одинаковых условиях равны. Чему равен молярный объём газа при нормальных условиях?

41 РАСЧЁТЫ ПО УРАВНЕНИЯМ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Как проводят расчёты по уравнениям химических реакций, в которых одно из веществ находится в газообразном состоянии.

ВСПОМНИТЕ:

- Последовательность действий при проведении расчётов по уравнениям химических реакций.

Постоянство значения молярного объёма газа при одних и тех же условиях (температуре и давлении), которое не зависит от природы газа, широко учитывается при проведении расчётов по уравнениям химических реакций, в которых принимают участие газообразные вещества. При этом абсолютно неважно, какую роль в этой реакции играет газ: он может быть как исходным веществом, так и продуктом реакции.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ Последовательность действий при проведении расчётов по уравнениям таких химических реакций практически не отличается от уже известной вам последовательности при соблюдении одного условия.

Если исходным веществом или продуктом химической реакции является газ, то при расчётах по отношению к нему используют молярный объём, а не молярную массу.

Это различие в примерах выделено цветом.

Пример 1. Какой объём водорода можно получить при разложении 90 г воды электрическим током?

Дано:	*Дополнительные данные:*
$m(H_2O) = 90$ г	$M(H_2O) = 18$ г/моль
$V(H_2)$ — ?	$V_m = 22{,}4$ л/моль

Решение:

$$2H_2O = 2H_2 + O_2$$

1. Какое количество воды имеет массу 90 г?

$$n(H_2O) = \frac{m(H_2O)}{M(H_2O)}$$

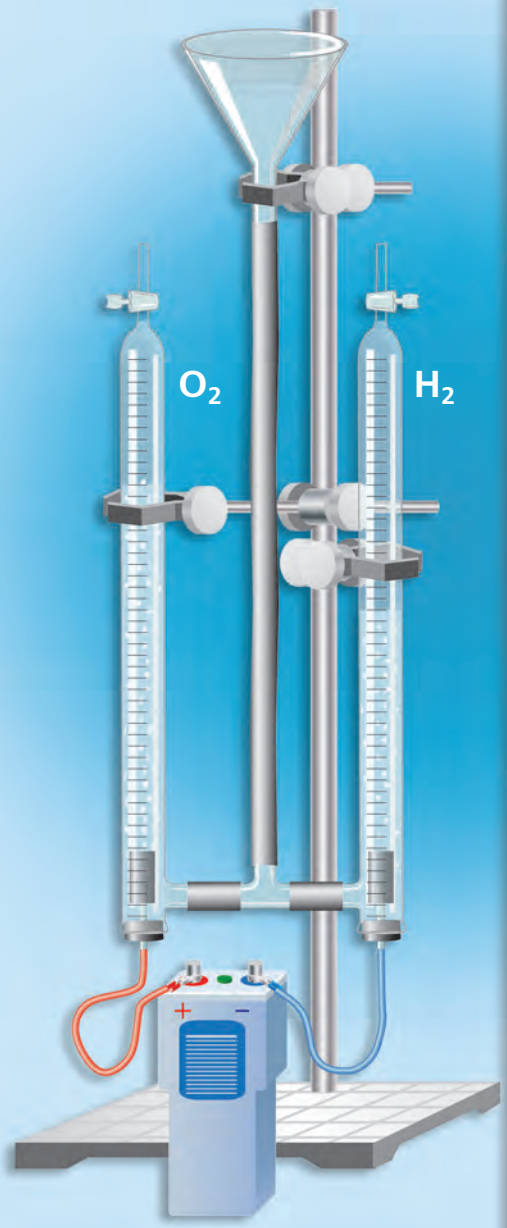
$$n(H_2O) = \frac{90\ г}{18\ г/моль} = 5\ моль$$

2. Чему равно отношение количества водорода к количеству воды в соответствии с уравнением химической реакции?

$$\frac{n(H_2)}{n(H_2O)} = \frac{2}{2}$$

3. Чему равно количество водорода, выделяющееся при разложении 5 моль воды?

$$n(H_2) = n(H_2O) \cdot \frac{2}{2}$$



4.5. Электролиз воды

$$n(H_2) = 5 \cdot \frac{2}{2} = 5 \text{ моль}$$

4. Какой объём (при нормальных условиях) имеют 2,5 моль водорода?

$$V(H_2) = n(H_2) \cdot V_m$$

$$V(H_2) = 5 \text{ моль} \cdot 22{,}4 \text{ л/моль} = 112 \text{ л}$$

Ответ: при разложении 90 г воды можно получить 112 л водорода.

Пример 2. На восстановление образца оксида железа состава Fe_3O_4 было израсходовано 11,2 л угарного газа (при нормальных условиях). Какова была масса оксида железа?

Дано:	*Дополнительные данные:*
$V(CO) = 11{,}2$ л	$M(Fe_3O_4) = 232$ г/моль
$m(Fe_3O_4)$ — ?	$V_m = 22{,}4$ л/моль

Решение:

$$Fe_3O_4 + 4CO = 3Fe + 4CO_2$$

1. Какое количество оксида углерода(II) занимает объём 11,2 л (при нормальных условиях)?

$$n(CO) = \frac{V(CO)}{V_m}$$

$$n(CO) = \frac{11{,}2 \text{ л}}{22{,}4 \text{ л/моль}} = 0{,}5 \text{ моль}$$

2. Чему равно отношение количества оксида железа к количеству оксида углерода(II) в соответствии с уравнением химической реакции?

$$\frac{n(Fe_3O_4)}{n(CO)} = \frac{1}{4}$$

3. Чему равно количество оксида железа, вступившего в химическую реакцию с 0,5 моль водорода?

$$n(Fe_3O_4) = n(CO) \cdot \frac{1}{4}$$

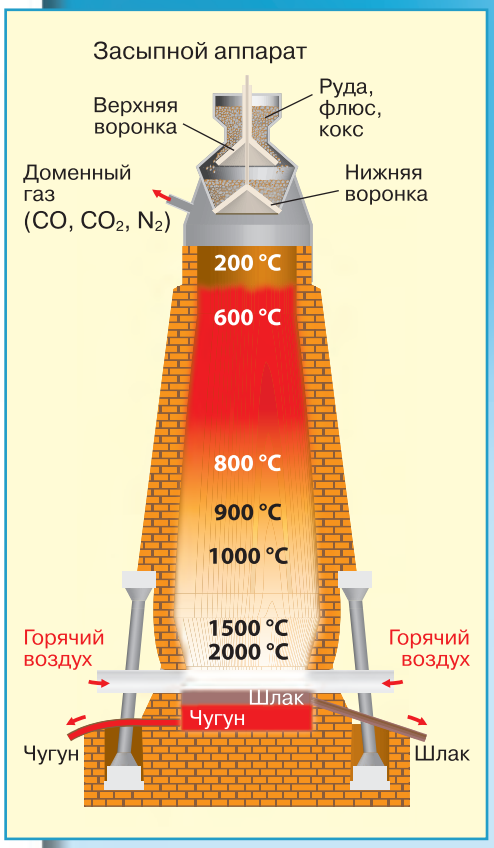
$$n(Fe_3O_4) = 0{,}5 \cdot \frac{1}{4} = 0{,}125 \text{ моль}$$

4. Какую массу имеют 0,125 моль оксида железа?

$$m(Fe_3O_4) = n(H_2) \cdot M(Fe_3O_4)$$

$$m(Fe_3O_4) = 0{,}125 \text{ моль} \cdot 232 \text{ г/моль} = 29 \text{ г}$$

Ответ: масса оксида железа Fe_3O_4 составляла 29 г.



4.6. Доменная печь

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

Объясните, в чём заключается отличие в проведении расчётов по уравнениям химических реакций, в которых принимают участие твёрдые и жидкие вещества, от проведения расчётов по уравнениям реакций с участием газов. Чем объясняется это отличие?

42 ОБЪЁМНЫЕ ОТНОШЕНИЯ ГАЗОВ ПРИ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЯХ

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Ещё одно следствие из закона Авогадро.

ВСПОМНИТЕ:

- Как нужно правильно читать уравнения химических реакций?
- Закон Авогадро.
- Известное вам следствие из этого закона.

Согласно закону Авогадро, равные объёмы газов, взятые при одинаковых условиях, т.е. при одинаковой температуре и одинаковом давлении, содержат одинаковое число молекул. Это позволит значительно упростить расчёты по уравнениям химических реакций, в которых принимают участие только газообразные вещества. Убедимся в этом.

ЗАКОН ОБЪЁМНЫХ ОТНОШЕНИЙ ГАЗОВ Рассмотрим взаимодействие угарного газа и кислорода, в результате которого образуется углекислый газ, также являющийся при нормальных условиях газом. Это взаимодействие описывается химическим уравнением

$$2CO + O_2 = 2CO_2$$

Из химического уравнения следует, что в результате химической реакции двух молей угарного газа с одним молем кислорода образуется два моля углекислого газа. Запишем это так:

$$\underset{2\ \text{моль}}{2CO} + \underset{1\ \text{моль}}{O_2} = \underset{2\ \text{моль}}{2CO_2}$$

2 моль угарного газа при нормальных условиях занимают объём 2·22,4 л = 44,8 л;

1 моль кислорода — 22,4 л;

2 моль углекислого газа — 2·22,4 = 44,8 л:

$$\underset{\substack{2\ \text{моль}\\44{,}8\ \text{л}}}{2CO} + \underset{\substack{1\ \text{моль}\\22{,}4\ \text{л}}}{O_2} = \underset{\substack{2\ \text{моль}\\44{,}8\ \text{л}}}{2CO_2}$$

Найдём отношение объёмов газов:

$$V(CO):V(O_2):V(CO_2) = 44{,}8:22{,}4:44{,}8$$

После сокращения на 22,4 получаем

$$V(CO):V(O_2):V(CO_2) = 2:1:2$$

Числа 2, 1 и 2 есть не что иное, как коэффициенты в уравнении химической реакции перед формулами угарного газа, кислорода и углекислого газа соответственно.

Гей-Люссак Жозеф Луи
1778–1850
Французский учёный. Исследовал свойства газов и особенности их поведения при изменении условий. Сформулировал закон объёмных отношений.

Объёмные отношения газов, участвующих в химической реакции, не зависят от условий проведения химической реакции. Главное, чтобы все газы находились при одной и той же температуре и при одном и том же давлении, которые могут отличаться от нормальных.

Объёмы газов, принимающих участие в химической реакции, относятся друг к другу как соответствующие коэффициенты в уравнении химической реакции. Поэтому уравнение химической реакции между угарным газом и кислородом можно прочитать так: «При взаимодействии двух объёмов оксида углерода(II) с одним объёмом кислорода образуется два объёма оксида углерода(IV)».

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ Применение закона объёмных отношений значительно упрощает расчёты по уравнениям химических реакций.

Пример 1. Какой объём кислорода потребуется для сжигания 5 м³ водорода?

Дано:
$V(H_2) = 5$ м³
$V(O_2)$ — ?

Решение:

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

$$V(H_2):V(O_2) = 2:1$$

$$V(O_2) = \frac{V(H_2)\cdot 1}{2} = \frac{5\cdot 1}{2} = 2{,}5 \text{ м}^3$$

Ответ: потребуется 2,5 м³ кислорода.

Пример 2. Одним из этапов получения азотной кислоты является окисление аммиака кислородом. Какой объём кислорода потребуется для окисления 100 м³ аммиака?

Дано:
$V(NH_3) = 100$ м³
$V(O_2)$ — ?

Решение:

$$4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O$$

$$V(NH_3):V(O_2) = 4:5$$

$$V(O_2) = \frac{V(NH_3)\cdot 5}{4} = \frac{100\cdot 5}{4} = 125 \text{ м}^3$$

Ответ: потребуется 125 м³ кислорода.

Пример 3. В результате сжигания угарного газа образовалось 6 л углекислого газа. Рассчитайте объёмы вступивших в реакцию кислорода и угарного газа.

Дано:
$V(CO_2) = 6$ л
$V(O_2)$ — ?
$V(CO)$ — ?

Решение: $2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$

$V(CO):V(CO_2) = 2:2 = 1:1$ $\qquad V(CO) = 6$ л

$V(CO):V(O_2) = 2:1$ $\qquad V(O_2) = \frac{V(CO)\cdot 1}{2} = \frac{6\cdot 1}{2} = 3$ л

Ответ: в реакцию вступит 6 л угарного газа и 3 л кислорода.

Реакция водорода с кислородом сопровождается выделением большого количества энергии. Это одна из причин, почему водород может использоваться как топливо для ракет, где малая молекулярная масса и высокое удельное энергосодержание водорода имеют первостепенное значение.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Объясните, почему объёмы газов, принимающих участие в химической реакции, относятся друг к другу как соответствующие коэффициенты в уравнении химической реакции.

ПОДВЕДЁМ ИТОГИ

- Количество вещества определяется числом структурных единиц, образующих вещество.
- Моль — количество вещества, в котором число структурных единиц равно числу атомов в 12 г изотопа углерода-12.
- Число Авогадро — число атомов в 12 г изотопа углерода-12 — $6{,}02 \cdot 10^{23}$.
- Молярная масса — отношение массы вещества к его количеству. Единица измерения молярной массы — г/моль. Значение молярной массы равно значению относительной молекулярной массы вещества.
- Молярный объём — отношение объёма вещества к его количеству. Для всех газов (при нормальных условиях) молярный объём равен 22,4 л/моль.
- Равные объёмы газов при одинаковых условиях содержат равное число молекул (закон Авогадро).
- Объёмные отношения газов, вступающих в химическую реакцию и/или образующихся в результате этой реакции, равны отношению соответствующих коэффициентов в уравнении химической реакции.

ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

http://gotourl.ru/11308 — Наглядно о решении задач по химии.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ:

- Приведите примеры бытовых ситуаций, при решении которых необходимы расчёты по уравнениям химических реакций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- ПРЕДМЕТ ХИМИЧЕСКОЙ НАУКИ
- МЕТОДЫ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ В ХИМИИ
- ИСТОЧНИКИ ХИМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

КОРОТКО О ГЛАВНОМ

Широко распростирает Химия... руки свои в дела человеческие. Куда ни посмотрим, куда ни оглянемся, всюду обращаются пред очами нашими успехи ея прилежания.

М. В. Ломоносов.
Слово о пользе Химии

43 ПРЕДМЕТ ХИМИЧЕСКОЙ НАУКИ

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- В чём заключается различие между понятиями «предмет науки» и «объект науки».
- Над какими проблемами работают учёные-химики.
- Что такое хемофобия и как с ней бороться.

ВСПОМНИТЕ:

- Что изучает химия?
- С какими классами неорганических веществ вы познакомились в этом учебном году?

В начале учебного года, когда вы только приступили к изучению химии и не имели достаточного багажа знаний, мы определили предмет химической науки и вскользь упомянули об объекте естественных наук. Теперь можно уточнить эти общенаучные понятия.

ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ НАУКИ В течение учебного года на уроках химии вы занимались изучением вещества. К веществу вы обращались на уроках физики, биологии и физической географии. Следовательно, вещество изучает не одна наука, а комплекс наук.

Часть окружающего мира, которую изучает несколько наук, называют объектом изучения наук. Для естественных наук объектом изучения является вещество.

5.1. Изучение вещества с разных точек зрения (биология, химия, физика, география)

Биология, физическая география, физика и химия изучают вещество с разных точек зрения, или, как говорят, эти науки изучают разные аспекты вещества. Эти аспекты составляют предмет изучения науки.

Так, предмет химии — превращения веществ, при которых атом является неделимой частицей. Процессы, при которых происходит деление атома, относят к физическим явлениям, и они входят в предмет изучения физики.

Таким образом, естественные науки, у которых общий объект изучения, различаются предметом изучения. Это означает, что предмет любой науки всегда меньше по объёму её объекта.

ПРЕДМЕТ ХИМИИ В природе существует огромное множество разнообразных веществ, а их превращений многократно больше. Учёные-химики изучают эти превращения, а для выявления закономерностей протекания химических реакций необходимо знать внутреннее «устройство» взаимодействующих и образующихся веществ. Знание строения вещества позволяет предсказать его свойства, что, в свою очередь, даёт возможность получать вещества с заранее заданными свойствами.

Современные естественные науки: биология, физика, химия — представляют собой комплекс нескольких тесно связанных друг с другом наук. Так, в современной химии выделяют общую, неорганическую, органическую, аналитическую, физическую, квантовую, биологическую, медицинскую химию и другие разделы.

Многие вещества можно получить разными способами, но каждый из них требует определённых материальных, энергетических затрат и людских ресурсов. Задача химиков — предложить промышленности наиболее экономически целесообразный способ получения веществ, т.е. такой способ, при использовании которого затрат будет меньше, а веществ будет получаться больше.

Получая новые вещества, которых «не придумала» природа, химики тщательно изучают их свойства и дают рекомендации по практическому использованию этих веществ.

Таким образом, **предметом химической науки** являются не только превращения веществ, но и их строение, способы получения и применения.

ХЕМОФОБИЯ В последние десятилетия в средствах массовой информации постоянно поднимается вопрос о вредном влиянии химии на окружающую среду. Отрицательное отношение к химической науке и тем продуктам, которые она нам даёт, широко распространено в нашем обществе. Это явление получило название хемофобии (от латинских слов «химия» и «страх»).

Причин хемофобии несколько. Во-первых, ошибки людей при использовании веществ и их превращений в быту. Согласитесь, по меньшей мере было бы странным винить хлорид натрия за то, что повар пересолил суп.

Во-вторых, нарушения технологического процесса при промышленном производстве различных веществ. Но и в этом случае ни химическая наука, ни вещества и их химические реакции не виноваты — ответственность лежит на тех людях, которые нарушают установленные правила производства.

Хемофобию наших сограждан используют в своих целях рекламные агентства. Например, продавцы чистящих средств убеждают доверчивых покупателей, что в их продукции нет никакой химии. Однако даже простая хлопчатобумажная ткань салфеток, которые предлагают для борьбы с пылью, проходит химическую обработку — отбеливание.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Объясните, в чём заключается различие понятий «объект науки» и «предмет науки». Какое из двух понятий шире по своему содержанию?
- Что такое хемофобия? Почему она возникает?

44 МЕТОДЫ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ В ХИМИИ

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Какими методами пользуются учёные-химики в своей работе.
- Что общего в методах научного познания в химии, физике, биологии.

ВСПОМНИТЕ:

- Какие методы научного познания в химии вы уже знаете?

Научное познание мира отличается от бытового, обыденного познания. Для науки характерно предметное и объективное рассмотрение мира, что отличает науку от других способов познания, например от искусства, где любое явление жизни обязательно сопровождается личностной эмоциональной оценкой. Поэтому и методы научного познания природы отличаются от методов бытового, философского, нравственного познания.

ОБЩИЕ МЕТОДЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ Любое естественнонаучное исследование обязательно включает в себя наблюдение. Географы, изучая новые территории, наблюдают за тем, что их окружает, составляют описания увиденного. Наблюдение — важный метод биологии, без которого, например, невозможно установить, как действуют новые средства борьбы с сельскохозяйственными вредителями. При выполнении в 7 классе каждой лабораторной работы по физике вы проводили наблюдения.

Общим методом для всех естественных наук является эксперимент, в ходе которого изучаются новые явления живой и неживой природы.

ХИМИЯ

ФИЗИКА

БИОЛОГИЯ

5.2. Эксперименты в химии, физике, биологии

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ХИМИЧЕСКОЙ НАУКИ На первых уроках химии вы познакомились с двумя методами, которыми пользуются химики в своей работе: **наблюдением** и **экспериментом**. В течение учебного года вы провели 20 лабораторных опытов и 7 практических занятий. При этом вы использовали те же методы, которые применяют в своей работе учёные-химики.

Выполняя лабораторный опыт № 16, вы выясняли, к какому классу неорганических соединений принадлежит нерастворимый в воде гидроксид. Этот метод называется анализом. Анализом вы пользовались и при выполнении лабораторного опыта № 20.

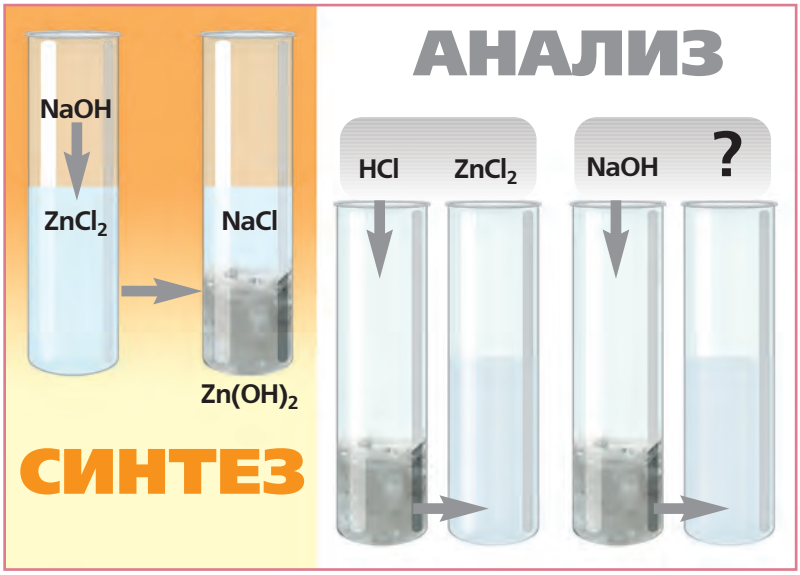
Изучением состава веществ занимается аналитическая химия, в которой выделяют качественный и количественный анализ. Качественный анализ даёт ответ на вопрос о том, какие химические элементы входят в состав исследуемого образца. Задача количественного анализа — определить количество каждого из химических элементов, образующих этот образец. В 10 классе вы узнаете, как с помощью химического анализа узнать не только качественный и количественный состав вещества, но и порядок соединения атомов в молекуле.

При проведении лабораторных опытов № 17, 18 и 20 вы получали одни вещества из других, т.е. синтезировали вещества.

Таким образом, анализ и синтез — экспериментальные методы химии.

Дальнейшее изучение химии позволит вам познакомиться и с другими методами химической науки.

На Руси в IX–X вв. с помощью количественного анализа определяли содержание благородных металлов в изделиях и рудах. В своей книге «Химик-скептик» Р. Бойль изложил основы качественного анализа. Он приготовил первый индикатор, помогающий ему определять кислоты среди других веществ. Систематизации знаний, необходимых для химического анализа, способствовало открытие Д.И. Менделеевым периодического закона и создание в 1869 г. периодической системы химических элементов.



5.3. Синтез и анализ веществ

Анализ как метод химической науки — постоянный «персонаж» детективных романов и рассказов. Вы сами можете привести множество примеров, когда с помощью химического анализа раскрывались преступления. Однако анализ необходим и в более обыденных ситуациях. Например, природная вода не попадёт в водопровод без тщательного изучения её состава на санитарно-эпидемиологических станциях.

Получение многих веществ, применяемых в быту, например ацетатного шёлка или шампуня, невозможно без использования синтеза.

МОИ ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Применение метода химического анализа.

«ПОМОЩНИК»

- В трёх выданных вам пробирках находятся вода, раствор кислоты и раствор щёлочи.
- Пользуясь имеющимися у вас реактивами, определите содержимое каждой пробирки.
- Используя имеющиеся в вашем распоряжении реактивы и оборудование, получите оксид меди(II) двумя способами.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Какими методами пользуются учёные-химики в своей работе?
- Объясните, что общего в методах научного познания в химии, физике, биологии.

45 ИСТОЧНИКИ ХИМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Где и как можно получить информацию о веществах и их свойствах.

ВСПОМНИТЕ:

- Что называют информацией?
- Какими способами пользуются для создания, хранения, поиска и передачи информации?

Школьный учебник никогда не может вместить в себя всё то богатство научного знания, которое накопило человечество. И этот учебник не является исключением. Если вы заинтересовались свойствами и превращениями веществ, если вы хотите больше узнать об их получении и применении, нахождении в природе и роли, которую они играют в жизни на Земле, вам нужно обратиться к дополнительным источникам информации.

ИСТОЧНИКИ НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ О ВЕЩЕСТВАХ Наблюдая за веществами и их превращениями, мы получаем информацию об их свойствах. Некоторые из свойств, например агрегатное состояние, выявляются в результате простого наблюдения. Другие свойства проявляются только в специальных условиях, т.е. для обнаружения требуется проведение химического эксперимента.

Источниками непосредственной информации о веществах являются общие для всех естественных наук методы — наблюдение и эксперимент.

ДРУГИЕ ТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ Свойства многих веществ были подробно изучены ещё в алхимический период развития химии. В бесплодных попытках получения философского камня алхимики провели множество химических реакций и описали их. Опыт общения с веществами, накопленный нашими предшественниками, описан в книгах, что избавляет нас от необходимости ещё и ещё раз проходить «тяжкий путь познания».

Для начинающих изучать химию основным источником химической информации служит учебник химии, а также учебные пособия, которые издаются в комплекте с этим учебником.

Кроме этого, полезными для вас будут учебные химические энциклопедии и химические словари, в которых вы сможете найти дополнительную информацию о веществах и их свойствах.

Учёные-химики в качестве источников химической информации используют химическую энциклопедию и химический энциклопедический словарь, они являются наиболее достоверными источниками.

Подготовка этих книг к печати требует очень много времени, поэтому их издают редко, и новая информация о веществах и их свойствах попадает в энциклопедические и справочные издания с большим опозданием. Чтобы донести свои открытия до коллег в кратчайшие сроки, химиками издаётся множество специализированных научных журналов.

СРЕДСТВА НОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ И КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ Стремительное развитие вычислительной техники предоставило учёным новые способы обмена научной информацией. Внести изменения и дополнения в электронную базу данных, а потом опубликовать её на компакт-дисках гораздо быстрее, проще и дешевле, чем готовить новое издание энциклопедии или словаря.

В последние годы наиболее интенсивно развивается обмен информацией с помощью глобальных компьютерных сетей, совокупность которых принято называть Интернетом. В Сети размещено множество сайтов, так или иначе связанных с химией, но при использовании этих сайтов нужно быть очень осторожным. Главная опасность заключается в том, что авторы многих сайтов умышленно или случайно искажают информацию. При поиске дополнительных сведений о веществах и их свойствах следует пользоваться проверенными сайтами, принадлежащими научным организациям, высшим учебным заведениям или учёным-химикам.

Достоверную дополнительную информацию о веществах и их свойствах вы можете найти на сайтах:

1) сайт химического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова — http://www.chem.msu.su

2) сайт «Алхимик» — http://www.alhimik.ru

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Подготовьте презентацию на тему «Широко распростирает Химия... руки свои в дела человеческие...»

ПОДВЕДЁМ ИТОГИ

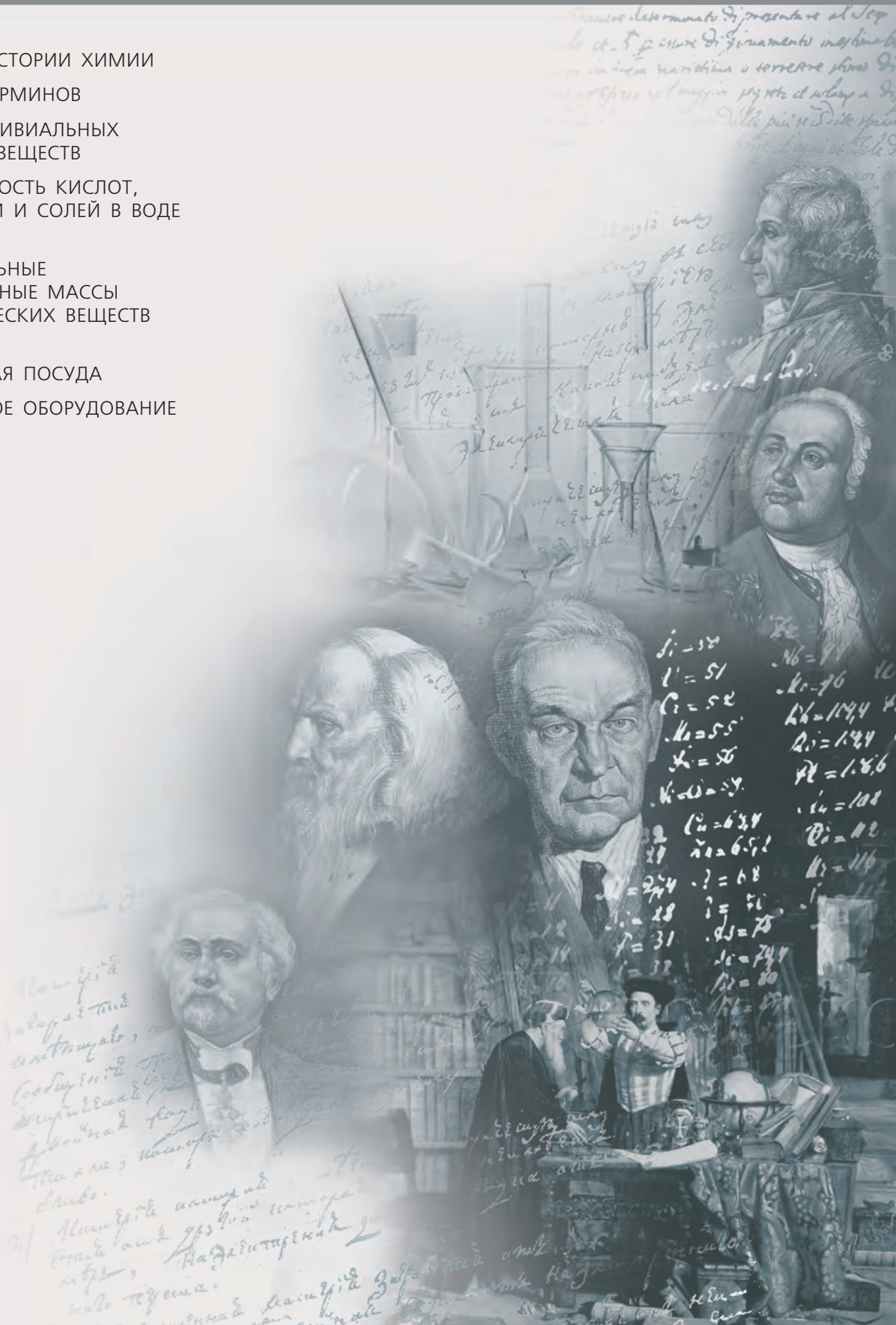
- Объект науки — часть окружающего мира, который изучает несколько близких друг к другу наук.
- Предмет науки — часть объекта, который изучает данная наука.
- Предмет химии — вещества, их строение, свойства, способы получения и применения.
- Хемофобия — отрицательное отношение к химии и её продуктам.
- Общими методами естественных наук являются наблюдение и эксперимент. Экспериментальные методы химии — анализ и синтез.
- Наиболее достоверными источниками химической информации являются химическая энциклопедия и химический энциклопедический словарь.
- Использовать Интернет для получения дополнительной информации о веществах и их свойствах следует очень осторожно, так как в Сети содержится много ошибочных и неточных сведений.

КНИГИ И ЖУРНАЛЫ:

- *Аликберова Л.Ю.*, *Рукк Н.С.* Полезная химия: задачи и истории / Л.Ю. Аликберова, Н.С. Рукк — М.: Дрофа, 2005.
- Энциклопедия для детей. Т.17. Химия. — М.: Аванта+, 2007.
- Книга для чтения по неорганической химии: кн. для учащихся. В 2 ч. Ч. 1 / сост. В.А. Крицман. — 3-е изд., перераб. — М.: Просвещение, 1993.
- *Колтун М.М.* Мир химии / М.М. Колтун. — М.: Просвещение, 2009. — (Твой кругозор).
- *Бронштейн М.П.* Атомы и электроны / М.П. Бронштейн. — М.: Просвещение, 2009. — (Твой кругозор).
- *Рюмин В.В.* Занимательная химия / В.В. Рюмин. — М.: Просвещение, 2011. — (Твой кругозор).

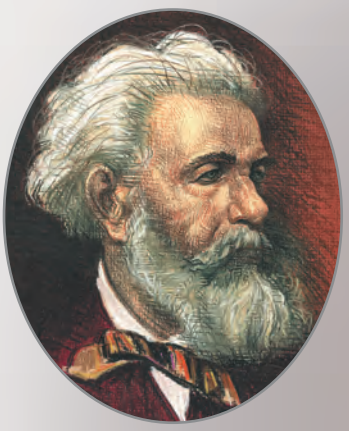
ПРИЛОЖЕНИЕ

- ИМЕНА В ИСТОРИИ ХИМИИ
- СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ
- СЛОВАРЬ ТРИВИАЛЬНЫХ НАЗВАНИЙ ВЕЩЕСТВ
- РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, ОСНОВАНИЙ И СОЛЕЙ В ВОДЕ (ТАБЛИЦА)
- ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МАССЫ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ (ТАБЛИЦА)
- ХИМИЧЕСКАЯ ПОСУДА
- ХИМИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

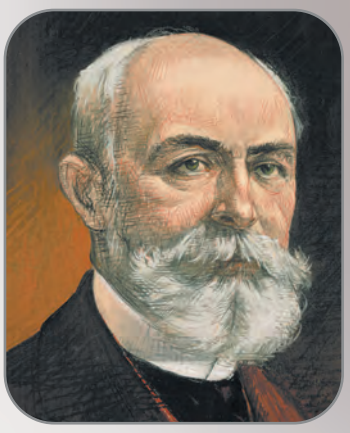


ИМЕНА В ИСТОРИИ ХИМИИ

АВОГАДРО Амедео
(09.08.1776 — 09.07.1856)
Итальянский физик и химик, заложивший основы молекулярной теории. Первым определил правильные значения относительных атомных масс кислорода, углерода, азота, хлора, качественный и количественный состав водорода, воды, азота и его оксидов и других простых и сложных веществ. Открыл закон, названный его именем. Именем Авогадро названа универсальная постоянная — число молекул в 1 моль идеального газа.



БЕКЕТОВ Николай Николаевич
(13.01.1827 — 13.12.1911)
Русский химик, академик Петербургской императорской академии наук. Создал первые в России термохимические лаборатории, в которых занимался исследованием тепловых эффектов химических реакций. Первым получил оксиды щелочных металлов. Исследовал сравнительную активность металлов и создал ряд активности металлов. Его огромной заслугой является развитие физической химии как самостоятельной научной дисциплины.

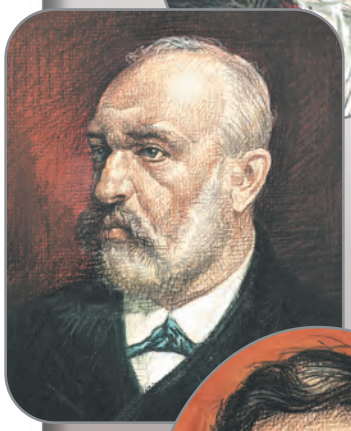


БЕККЕРЕЛЬ Антуан Анри
(15.12.1852 — 25.08.1908)
Французский физик, член Парижской академии наук, лауреат Нобелевской премии по физике 1903 г., которую получил совместно с Пьером и Марией Кюри. Обнаружил явление самопроизвольного невидимого излучения солей урана, которое позднее было названо радиоактивностью и послужило толчком к исследованию строения атомов. В его честь названа единица радиоактивности — беккерель.

БЕРТОЛЛЕ Клод Луи
(09.12.1748 — 06.11.1822)
Французский химик, член Парижской академии наук. Занимался химическими исследованиями и организацией химических и металлургических производств. В историю химии вошёл в основном благодаря открытию солей кислородсодержащих кислот хлора (в частности, хлората калия $KClO_3$ — бертолетовой соли) и знаменитому спору с Ж.Л. Прустом о количественном составе веществ. Хотя в этом споре Бертолле потерпел поражение, в начале XX в. соединения переменного состава были открыты русским учёным Н.С. Курнаковым.

БОЙЛЬ Роберт
(25.01.1627 — 30.12.1691)
Английский физик и химик, член Лондонского королевского общества. Первым дал научное определение понятию «химический элемент». Разработал новый способ получения фосфора, получил фосфорную кислоту и фосфин PH_3. Впервые применил индикаторы для определения кислот и щелочей. Книга Бойля «Химик-скептик» ознаменовала окончание алхимического периода и начало научной химии.

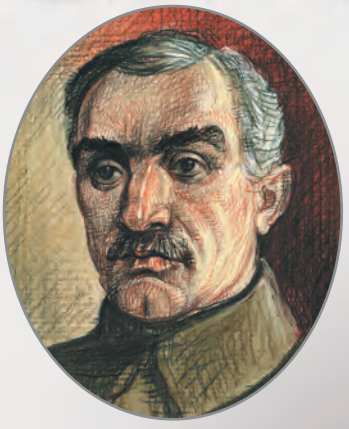
ВИНКЛЕР Клеменс Александр
(26.12.1838 — 08.10.1904)
Немецкий химик. Открыл предсказанный Д.И. Менделеевым экасилиций и назвал его в честь своей родины германием. Это открытие стало новым подтверждением периодического закона Д.И. Менделеева. Разработал способ получения оксида серы(VI) из оксида серы(IV) в присутствии платины, который долгое время применялся в промышленном производстве серной кислоты.



ГЕЙ-ЛЮССАК Жозеф-Луи
(6.09.1778 — 9.05.1850)
Французский учёный. Открыл закон «О взаимном соединении газообразных веществ». Химическим путём получил калий, натрий и бор. Предложил назвать вещество фиолетового цвета йодом. Исследовал его химические свойства. Ввёл в употребление ареометр. Является изобретателем простого способа отделения золота от меди.

ДАЛЬТОН Джон
(06.09.1766 — 27.07.1844)
Английский химик и физик, член Лондонского королевского общества. Ранние исследования относятся к физике, более поздние — к химии. Является одним из основателей атомно-молекулярного учения: ввёл в науку понятие атомного веса (относительной атомной массы), составил первую таблицу относительных атомных масс, приняв массу атома водорода за единицу. Разработал систему химических знаков для атомов и молекул.

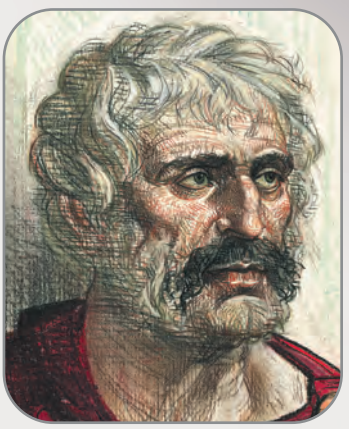
ДЁБЕРЕЙНЕР Иоганн Вольфганг
(15.03.1780 — 24.03.1849)
Немецкий химик. Автор одной из классификаций химических элементов, вошедшей в историю химии как триады Дёберейнера и ставшей предшественницей естественных групп химических элементов. Триады Дёберейнера были затем использованы в работах по классификации химических элементов.



КИРЮШКИН Дмитрий Максимович
(15.10.1889 — 21.07.1978)
Советский химик-методист. Автор школьных учебников по химии и методических пособий для учителей химии. Разработал демонстрационные и лабораторные опыты по химии, специальное лабораторное оборудование для использования учащимися.

ЛАВУАЗЬЕ Антуан Лоран
(26.08.1743 — 08.05.1794)
Французский химик, член Парижской академии наук. На свои средства построил и оборудовал химическую лабораторию, ставшую научным центром Парижа. Установил, что кислород является простым веществом и предложил его современное международное название. Его опыты по сжиганию разных веществ стали основой для разработки кислородной теории горения. Доказал, что образование углекислого газа является главным источником теплоты в живом организме. Доказал, что вода — сложное вещество. Создал первую классификацию химических элементов «Таблица простых тел». Основал первый научный химический журнал «Annales de Chimie».

ЛОМОНОСОВ Михаил Васильевич
(19.11.1711 — 15.04.1765)
Русский учёный-энциклопедист, академик Петербургской императорской академии наук. Художник, поэт, основатель современного русского стихосложения. В области химии доказал равенство суммарной массы исходных веществ суммарной массе продуктов химической реакции (закон сохранения массы веществ при химических реакциях). Основатель первой в России химической лаборатории и Московского университета. Разработал технологию получения цветных стёкол. Обнаружил понижение температуры раствора при растворении солей в воде и понижение температуры замерзания растворов солей по сравнению с температурой замерзания растворителя. Дал классификацию металлов и описал способы их получения.

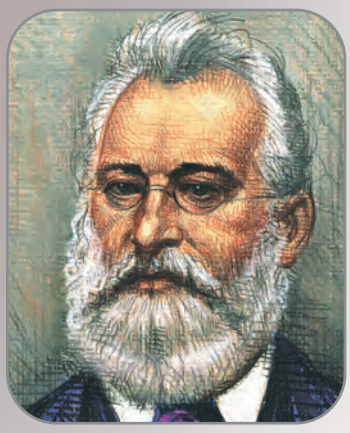


ЛУКРЕЦИЙ Тит Кар
(около 99 — 55 гг. до н.э.)
Римский поэт и философ. Сторонник и распространитель атомистического учения. Для обозначения вещественной составляющей окружающего мира ввёл термин «материя» (лат. *materies*), произведя его от слова «мать» (лат. *mater*). Главное сочинение «О природе вещей», в котором он изложил свои атомистические взгляды, дошло до наших дней практически полностью.

МЕЙЕР Лотар Юлиус
(19.08.1830 — 11.04.1895)
Немецкий химик, член-корреспондент Берлинской академии наук. Изучал проблемы классификации химических элементов, в 1864 г. опубликовал книгу «Современные теории химии и их значение для химической статики», в которой предложил собственную систематику химических элементов (таблица Мейера). Через год после открытия периодического закона Д.И. Менделеевым опубликовал статью «Природа химических элементов как функция их атомных весов», проиллюстрировав её графиком зависимости атомных объёмов от относительных атомных масс элементов (кривая Мейера).

МЕНДЕЛЕЕВ Дмитрий Иванович
(08.02.1834 — 02.02.1907)
Русский учёный-энциклопедист. Решил проблему классификации химических элементов и открыл периодический закон, на основании которого предсказал существование неизвестных в то время химических элементов и дал подробное описание свойств простых и сложных веществ, образованных этими химическими элементами. Автор фундаментального труда «Основы химии», методические идеи которого послужили основной для разработки учебников неорганической химии для средней и высшей школы. В результате изучения растворов разработал гидратную теорию растворов. Предложил одну из первых гипотез радиоактивности.

НЬЮЛЕНДС Джон Александр Рейна
(26.11.1837 — 29.07.1898)
Английский химик. Один из предшественников Д.И. Менделеева в попытках создать систематику химических элементов: сформулировал «закон октав», расположив элементы в таблице в соответствии с их относительной атомной массой. Впервые в 1875 г. предложил термин «порядковый номер элемента».



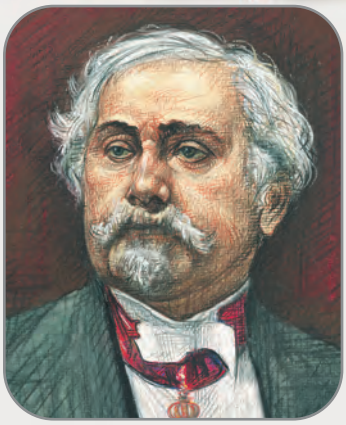
ПРИСТЛИ Джозеф
(13.03.1733 — 06.02.1804)
Английский химик и философ, член Лондонского королевского общества. Один из основоположников исследования газов. Изучал «воздух, испорченный горением или дыханием» (углекислый газ), «соляно-кислый воздух» (хлороводород), «селитряный воздух» (оксид азота(I), «щелочной воздух» (аммиак). В 1774 г. открыл кислород, но даже не попытался доказать, что это — новое простое вещество.

ПРУСТ Жозеф Луи
(26.09.1754 — 05.07.1826)
Французский химик, член Парижской академии наук. Первым предложил термин «гидрат» и ввёл в науку представление о гидроксидах металлов. Получил глюкозу из виноградного сока, открыл оксид меди(I), исследовал свойства камфары, крахмала, сахара. В результате изучения состава оксидов, хлоридов и сульфидов различных металлов открыл закон постоянства состава веществ, названный его именем.

РЕЗЕРФОРД Эрнест
(30.08.1871 — 19.10.1937)
Английский физик, член Лондонского королевского общества, лауреат Нобелевской премии по физике 1908 г. Один из основателей учения о радиоактивности, ядерной физики и представлений о строении вещества. В результате излучения α-частиц атомами разных химических элементов разработал планетарную модель строения атома. В 1919 г. осуществил первую искусственную ядерную реакцию. В 1921 г. высказал предположение о возможности существования нейтрона, что было экспериментально доказано Дж. Чедвиком в 1931 г.

СОДДИ Фредерик
(02.09.1877 — 22.09.1956)
Английский радиохимик, член Лондонского королевского общества, лауреат Нобелевской премии по химии 1921 г. Предсказал, что изотопы можно использовать для определения геологического возраста горных пород, поскольку известна скорость их радиоактивного распада. Его предположение привело к развитию современной технологии радиоактивного датирования с помощью углерода-14. Совместно с Резерфордом заложил основы учения о радиоактивности. Ввёл в науку понятие об изотопах. Открыл химический элемент протактиний Pa.

ФРАНКЛЕНД (Франкланд) Эдуард
(18.01.1825 — 09.08.1899)
Английский химик, член Лондонского королевского общества. В 1858 г. ввёл понятие «соединительная сила», которое позднее было заменено понятием «валентность». Установил, что фосфор, мышьяк и сурьма могут быть трёх- и пятивалентными. Исследовал влияние атмосферного давления на процессы горения. Основные направления исследований связаны с органической химией.

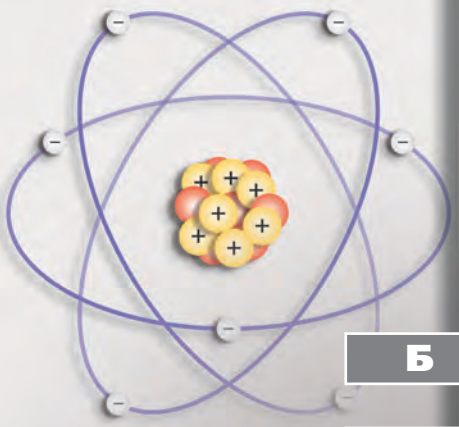


ШАНКУРТУА Александр Эмиль Бегье
(20.01.1820 — 14.11.1886)
Французский геолог и химик. В области химии предложил систематику химических элементов, известную как «спираль Шанкуртуа» и «цилиндр Бегье». Эта работа 1862 г. оказалась незамеченной научной общественностью и привлекла к себе интерес только после открытия периодического закона как одна из неудачных попыток классификации химических элементов.

ШЕЕЛЕ Карл Вильгельм
(09.12.1742 — 21.05.1786)
Шведский химик, член Королевской шведской академии наук. Получил в свободном состоянии множество простых и сложных веществ: хлор, марганец, молибден, вольфрам, оксид бария, сероводород, почти половину известных в XVIII в. органических веществ. Один из трёх первооткрывателей кислорода, но, как и Пристли, не придал значения своему открытию, практически не изучил свойства нового простого вещества.

ЭРЛЕНМЕЙЕР Рихард Август Карл Эмиль
(28.06.1825 — 01.01.1909)
Немецкий химик, президент Немецкого химического общества. Исследовал строение и свойства органических веществ. Изобрёл колбу конической формы (колбу Эрленмейера) и газовую печь для элементного анализа. Один из первых иностранных учёных, поддержавших теорию химического строения органических соединений, разработанную русским учёным А.М. Бутлеровым.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ



А

Амфотерность — способность веществ проявлять одновременно и кислотные, и основные свойства.

Амфотерный гидроксид — нерастворимый гидроксид металла, взаимодействующий как с кислотами, так и с основаниями.

Амфотерный оксид — оксид металла, взаимодействующий как с кислотами, так и с основаниями.

Атом — в атомно-молекулярном учении: мельчайшая химически неделимая частица вещества.

Б

Бинарный — в химии: состоящий из атомов двух элементов. В других науках термин имеет иное значение.

В

Валентность — в атомно-молекулярном учении: способность атома присоединять к себе определённое число других атомов. В других науках термин имеет иное значение.

Вещество — вид материи, обладающий массой покоя.

Г

Гетерогенный — разнородный, состоящий из различных частей.

Гидроксид — сложное вещество, образующееся в результате реакции соединения оксида с водой или разлагающееся при нагревании только на оксид и воду.

Гипотеза — научное предположение, трактующее новые факты, которые не могут быть объяснены в рамках общепринятой теории, и требующее экспериментального доказательства.

Гомогенный — однородный.

Д

Дистиллированный — очищенный.

Дистиллятор — аппарат для очистки жидкостей от растворённых в них примесей.

Дистилляция — способ очистки жидкостей от растворённых в них примесей путём нагревания жидкости до кипения и дальнейшего охлаждения образовавшихся паров.

И

Изотопы — разновидности атомов одного и того же химического элемента, различающиеся числом нейтронов в ядре.

Индикатор — в химии: сложное вещество, изменяющее свою окраску в присутствии других веществ, но не оказывающее влияния на свойства этих веществ.

Иод — химический элемент с порядковым номером 53; простое вещество — галоген.

Ион — заряженная частица, образующаяся из атома или группы атомов в результате потери одного или нескольких собственных электронов либо приобретения одного или нескольких чужих электронов.

Кислота — в атомно-молекулярном учении: сложное вещество, образованное атомами водорода, способными замещаться атомами металлов, и кислотным остатком.

Кислотность (основания) — в атомно-молекулярном учении: число гидроксильных групп в молекуле основания.

Кислотный оксид — оксид, которому соответствует гидроксид — кислота.

Кислотный остаток — в атомно-молекулярном учении: часть молекулы кислоты, которая в неизменном виде переходит в молекулу соли.

Классификация — распределение объектов или явлений по группам на основе заранее определённого признака.

Купоросное масло (устар.) — концентрированная серная кислота.

Лаборатория — специально оборудованное помещение для проведения научных экспериментов.

Материя — объективная реальность, данная нам в ощущениях.

Молекула — в атомно-молекулярном учении: мельчайшая частица вещества, сохраняющая его химические свойства.

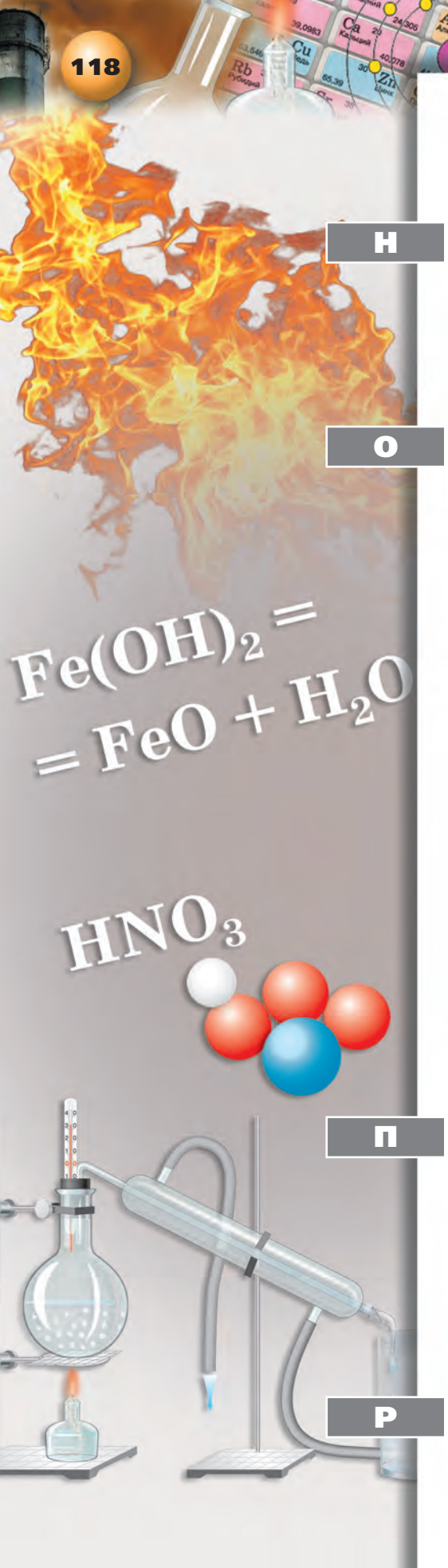
Моль (м. р.) — единица количества вещества. Название и сокращение для этой единицы совпадают. Если количество вещества записано цифрами, то слово «моль» не склоняется, если словами и в устной речи — склоняется.

Молярная масса — отношение массы вещества к его количеству.

К

Л

М



Молярный объём — отношение объёма вещества к его количеству. При одних и тех же условиях молярный объём — постоянная величина.

Н

Напалм — оружие массового поражения, зажигательная смесь, состоящая из масел и порошков алюминия и магния.

Номенклатура — в химии: свод правил, по которым составляются названия и химические формулы веществ. В других науках термин имеет иное значение.

О

Объект (науки) — часть окружающего мира, которая исследуется несколькими близкими друг к другу науками.

Обыденный — повседневный, обычный.

Оксид — в атомно-молекулярном учении: сложное вещество, образованное атомами двух химических элементов, один из которых кислород.

Основание — в атомно-молекулярном учении: сложное вещество, образованное атомами металла и одной или несколькими гидроксильными группами.

Основность (кислоты) — в атомно-молекулярном учении: число атомов водорода в молекуле кислоты, которые могут замещаться атомами металла.

Основный оксид — оксид металла, которому соответствует основание.

Офорт — в химии: устаревшее название концентрированной азотной кислоты. В искусстве: гравюра, при изготовлении которой изображение на металлическую (медную) пластину наносилось с помощью парафина и концентрированной азотной кислоты.

П

Перегонка — способ очистки жидкостей от растворённых в них примесей путём нагревания жидкости до кипения и дальнейшего охлаждения образовавшихся паров.

Предмет (науки) — часть объекта, которая изучается данной наукой.

Проблема (научная) — вопрос, на который нельзя ответить на основе имеющихся в науке знаний.

Р

Раствор — гомогенная смесь, состоящая из двух и более компонентов, состав которых в определённых пределах может непрерывно изменяться.

Растворимость — масса вещества (как правило, в граммах), которую можно растворить в 100 г растворителя (как правило, воды).

Ректификационная колонна — сложное техническое устройство для разделения гомогенных смесей жидкостей.

Реторта — металлический или стеклянный сосуд с длинным изогнутым горлом.

Соль — в атомно-молекулярном учении: сложное вещество, образованное атомами металла и кислотным остатком.

Стехиометрия — учение о количественных соотношениях между массами (объёмами) реагирующих веществ.

Тривиальное название вещества — название вещества, данное ему в момент открытия и используемое в повседневной жизни.

Учение — совокупность теоретических положений о какой-либо области действительности.

Хемофобия — резко негативное (отрицательное) отношение человека к химии как науке и как области практической деятельности.

Химическая формула — способ описания качественного и количественного состава вещества с помощью знаков химических элементов и специальных знаков.

Химический элемент — совокупность атомов с одинаковым зарядом ядра.

Химическое уравнение — способ описания химической реакции с помощью химических формул веществ и специальных знаков.

Царская водка (устар.) — смесь одного объёма концентрированной азотной кислоты с тремя объёмами концентрированной соляной кислоты.

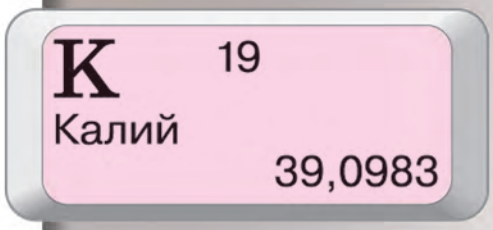
Щёлочь — растворимое в воде основание.

С

Т

У

Х



Ц

Щ

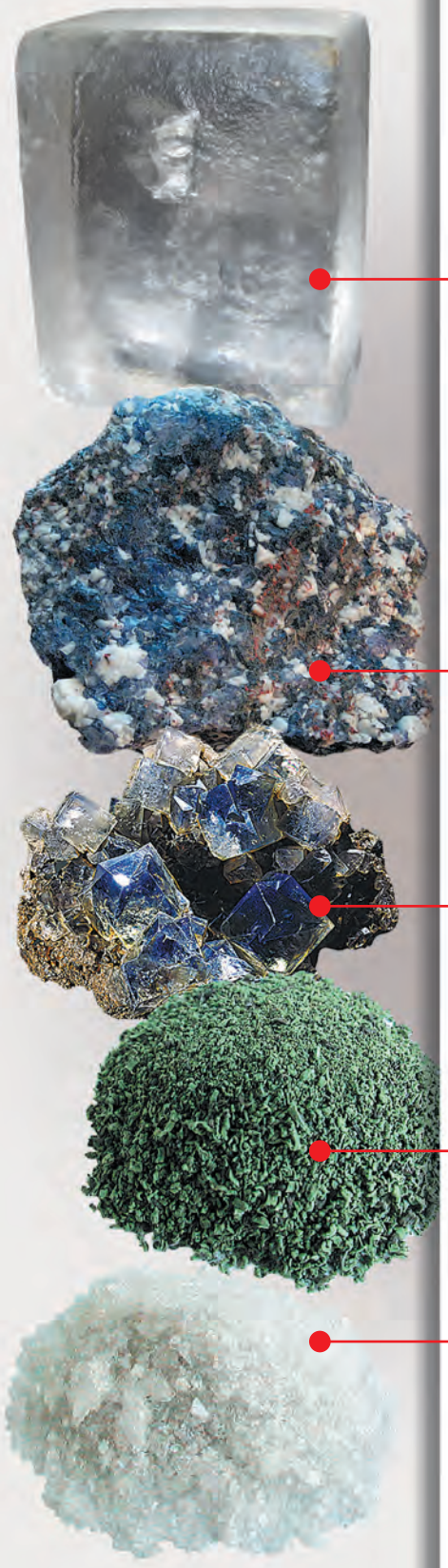
СЛОВАРЬ НАЗВАНИЙ ВЕЩЕСТВ

Тривиальное название	Современное научное название	Химическая формула
Алебастр	Сульфат кальция	$2CaSO_4 \cdot H_2O$
Алмаз	Углерод	C
Аммиак	Нитрид водорода	NH_3
Аммиачная селитра	Нитрат аммония	NH_4NO_3
Барит	Сульфат бария	$BaSO_4$
Бертолетова соль	Хлорат калия	$KClO_3$
Бишофит	Хлорид магния	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$
Веселящий газ	Оксид азота(I)	N_2O
Гашёная известь	Гидроксид кальция (тв.)	$Ca(OH)_2$
Гипс	Сульфат кальция	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
Глауберова соль	Сульфат натрия	$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$
Глёт свинцовый	Оксид свинца(II)	PbO
Глинозём	Оксид алюминия	Al_2O_3
Горный хрусталь	Оксид кремния	SiO_2
Горькая соль	Сульфат магния	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$
Графит	Углерод	C
Двойной суперфосфат	Дигидрофосфат кальция	$Ca(H_2PO_4)_2$
Доломит	Карбонаты кальция и магния	$CaCO_3 \cdot MgCO_3$
Едкий натр	Гидроксид натрия	$NaOH$
Едкое кали	Гидроксид калия	KOH
Железный колчедан	Дисульфид железа(II)	FeS_2
Железный купорос	Гептагидрат сульфата железа(II)	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$
Жёлтая кровяная соль	Тригидрат гекса-цианоферрата(II) калия	$K_4[Fe(CN)_6] \cdot 3H_2O$

Продолжение таблицы

Тривиальное название	Современное научное название	Химическая формула
Жжёная магнезия	Оксид магния	MgO
Жидкое стекло	Силикат натрия (р.)	Na_2SiO_3
Известковая вода	Гидроксид кальция (р.)	$Ca(OH)_2$
Известняк	Карбонат кальция	$CaCO_3$
Индийская селитра	Нитрат калия	KNO_3
Кальцинированная сода	Карбонат натрия	Na_2CO_3
Каменная соль	Хлорид натрия	$NaCl$
Кварц	Оксид кремния	SiO_2
Киноварь	Сульфид ртути(II)	HgS
Кобальтовый купорос	Гептагидрат сульфата кобальта(II)	$CoSO_4 \cdot 7H_2O$
Красная кровяная соль	Гексациано-феррат(II) калия	$K_3[Fe(CN)_6]$
Кремнезём	Оксид кремния	SiO_2
Ляпис	Нитрат серебра	$AgNO_3$
Магнезит	Карбонат магния	$MgCO_3$
Малахит	Гидроксокарбонат меди(II)	$(CuOH)_2CO_3$
Марганцовка	Перманганат калия	$KMnO_4$
Медный купорос	Пентагидрат сульфата меди(II)	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$
Мел	Карбонат кальция	$CaCO_3$
Мрамор	Карбонат кальция	$CaCO_3$
Нашатырный спирт	Водный раствор аммиака	$NH_3 \cdot H_2O$
Нашатырь	Хлорид аммония	NH_4Cl
Негашёная известь	Оксид кальция	CaO
Норвежская селитра	Нитрат кальция	$Ca(NO_3)_2$
Офорт	Азотная кислота	HNO_3
Перекись	Пероксид водорода	H_2O_2

Продолжение таблицы



Тривиальное название	Современное научное название	Химическая формула
Пиролюзит	Оксид марганца(IV)	MnO_2
Питьевая сода	Гидрокарбонат натрия	$NaHCO_3$
Плавиковый шпат	Фторид кальция	CaF_2
Поваренная соль	Хлорид натрия	$NaCl$
Поташ	Карбонат калия	K_2CO_3
Преципитат	Гидрофосфат кальция	$CaHPO_4 \cdot 2H_2O$
Пушонка	Гидроксид кальция (очень мелкий порошок)	$Ca(OH)_2$
Речной песок	Оксид кремния	SiO_2
Сажа	Углерод	C
Сильвинит	Хлориды натрия и калия	$NaCl \cdot KCl$
Стиральная сода	Карбонат натрия	$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$
Угарный газ	Оксид углерода(II)	CO
Углекислый газ	Оксид углерода(IV)	CO_2
Флюорит	Фторид кальция	CaF_2
Фосфорит	Фосфат кальция	$Ca_3(PO_4)_2$
Фотосульфит	Тиосульфат натрия	$Na_2S_2O_3$
Хлорная известь	Хлорид-гипохлорит кальция	$CaClOCl$
Хромовая зелень	Оксид хрома(III)	Cr_2O_3
Хромпик	Дихромат калия	$K_2Cr_2O_7$
Царская водка	Смесь азотной и соляной кислот	$HNO_3 + 3HCl$
Чёртов камень	Нитрат серебра	$AgNO_3$
Чилийская селитра	Нитрат натрия	$NaNO_3$

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, ОСНОВАНИЙ И СОЛЕЙ В ВОДЕ

Катион / Анион	H^+	NH_4^+	Na^+	K^+	Be^{2+}	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Ba^{2+}	Al^{3+}	Sn^{2+}	Pb^{2+}	Cu^{2+}	Ag^+	Zn^{2+}	Cd^{2+}	Hg^{2+}	Cr^{2+}	Cr^{3+}	Mn^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Co^{2+}	Ni^{2+}
OH^-		–	Р	Р	Н	Н	М	Р	Н	Н	Н	Н	–	Н	Н	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
F^-	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	М	М	Р	Н	Н	Р	Р	Р	–	Н	Р	Н	Н	Р	Р	Р
Cl^-	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Br^-	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Н	Р	Р	М	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
I^-	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	–	Н	Р	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
S^{2-}	Р	–	Р	Р	–	–	Н	Р	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	–	–	Н	Н	–	Н	Н
NO_3^-	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
SO_3^{2-}	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	–	–	Н	Н	Н	М	Н	Н	–	–	Н	Н	–	Н	Н
SO_4^{2-}	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Н	Р	Р	Н	Р	М	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
PO_4^{3-}	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
CO_3^{2-}	Р	Р	Р	Р	–	–	Н	Н	–	–	Н	–	Н	Н	Н	–	–	–	Н	Н	–	Н	Н
SiO_3^{2-}	Н	–	Р	Р	–	–	Н	Н	–	–	Н	–	Н	Н	Н	–	Н	–	Н	Н	–	Н	Н
CH_3COO^-	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Р	Р	Р	Р	Р

Р – растворимые

М – малорастворимые

Н – нерастворимые

– разлагаются водой или не существуют

ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МАССЫ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Анион \ Катион	H^+	NH_4^+	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Ba^{2+}	Al^{3+}	Pb^{2+}	Cu^{2+}	Ag^+	Zn^{2+}	Hg^{2+}	Cr^{3+}	Mn^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Co^{2+}
OH^-	18	35	40	56	58	74	171	78	241	98	–	99	–	103	71	90	107	93
F^-	16	–	62	94	40	56	153	102	223	–	232	81	217	152	71	72	160	75
Cl^-	36,5	53,5	58,3	74,5	95	111	208	133,5	278	135	143,5	136	272	158,5	126	127	162,5	130
Br^-	81	98	103	119	184	200	297	267	367	224	188	225	361	292	215	216	296	219
I^-	128	145	150	166	278	294	391	408	461	–	235	319	455	433	309	310	–	313
S^{2-}	34	68	78	110	56	72	169	150	239	96	248	97	233	200	87	88	–	91
NO_3^-	63	80	85	101	148	164	261	213	331	188	170	189	325	238	179	180	242	121
SO_3^{2-}	82	116	126	158	104	120	217	–	287	144	296	145	–	–	135	136	–	–
SO_4^{2-}	98	132	142	174	120	136	233	342	303	160	312	161	297	392	151	152	400	155
PO_4^{3-}	98	–	164	212	262	310	601	122	811	382	419	385	793	147	355	358	151	249
CO_3^{2-}	62	96	106	138	84	100	197	–	267	124	276	125	–	–	115	116	–	119
SiO_3^{2-}	78	–	122	154	100	116	213	282	283	170	–	141	–	–	131	132	340	135
CH_3COO^-	61	78	83	99	144	160	257	207	327	184	168	185	321	232	175	176	–	177

– Вещество не получено

РАСЧЁТ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ МОЛЕКУЛЯРНОЙ МАССЫ ВЕЩЕСТВА

$$M_r(\mathrm{A}_x\mathrm{B}_y\mathrm{C}_z) = \\ = x \cdot A_r(\mathrm{A}) + y \cdot A_r(\mathrm{B}) + z \cdot A_r(\mathrm{C})$$

M_r — относительная молекулярная масса вещества

x, y, z — индексы в формуле вещества

$A_r(\mathrm{A})$, $A_r(\mathrm{B})$, $A_r(\mathrm{C})$ — относительные атомные массы элементов A, B, C

РАСЧЁТ МАССОВОЙ ДОЛИ ЭЛЕМЕНТА В ВЕЩЕСТВЕ

$$w(\mathrm{X}) = \frac{n \cdot A_r(\mathrm{X})}{M_r}$$

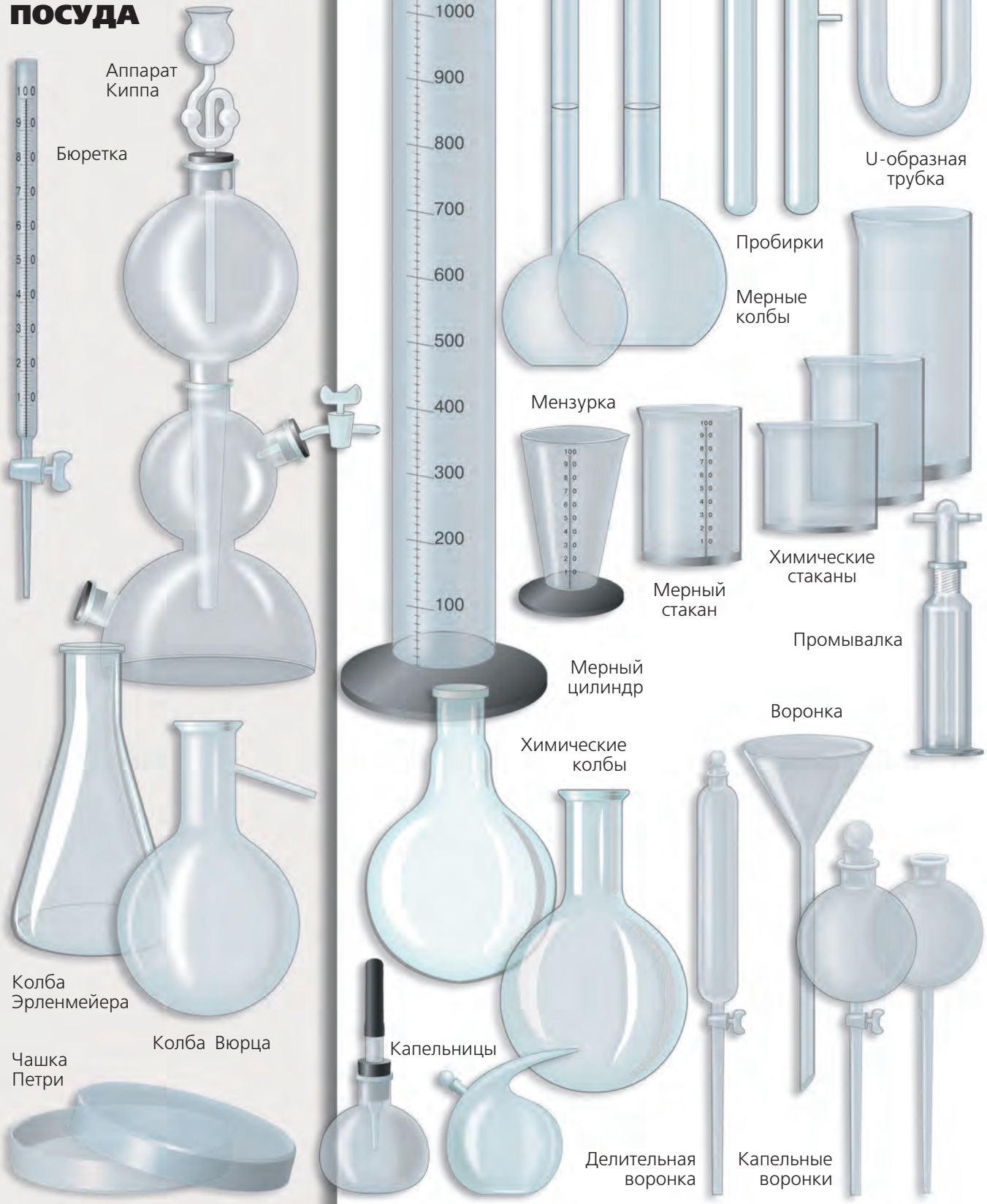
w — массовая доля элемента X в веществе

n — число атомов элемента X в веществе

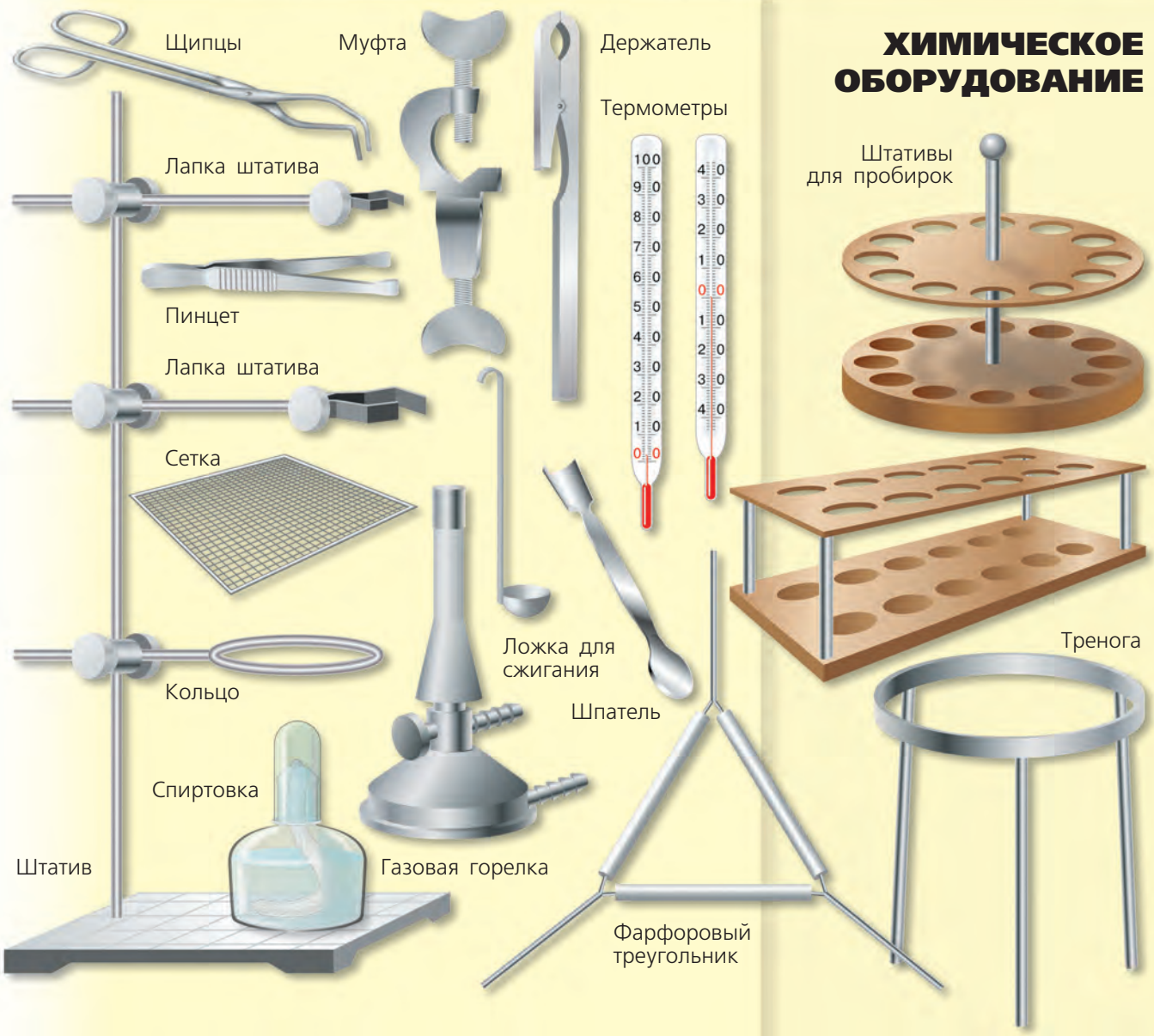
A_r — относительная атомная масса элемента X

M_r — относительная молекулярная масса вещества

ХИМИЧЕСКАЯ ПОСУДА



ХИМИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ



Учебное издание

Серия «Сферы»

Журин Алексей Анатольевич

Химия

8 класс

Учебник

Центр химии и экологии
Ответственный за выпуск *Т.Ю. Фролова*
Редакторы *Т.В. Балашова, Н.В. Тряпицина*
Художественный редактор *А.П. Асеев*
Художники *А.В. Юдин, А.П. Асеев, С.В. Ермолин*
Фотографии *ООО «Лори», фотобанка «Picvario», фотобанка «Диомедия», А.К. Ахлебинина*
Компьютерная вёрстка *А.П. Асеева*
Дизайн обложки *О.В. Поповича, В.А. Прокудина*
Технический редактор *С.Н. Терехова*
Корректор *А.В. Рудакова*

Подписано в печать 10.02.2022. Формат 84×108/16. Гарнитура SchoolBookCSanPin, FreeSetC.
Уч.-изд. л. 15,57. Усл. печ. л. 13,44. Тираж экз. Заказ № .

Акционерное общество «Издательство «Просвещение». Российская Федерация,
127473, г. Москва, ул. Краснопролетарская, д. 16, стр. 3, этаж 4, помещение I.

Адрес электронной почты «Горячей линии» — **vopros@prosv.ru**.

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ

Периоды	Ряды	A I B	A II B	A III B	A IV B	A V B	A VI B	A VII B	A VIII B		
1	1	H 1 Водород 1,00794						(H)	He 2 Гелий 4,002602		
2	2	Li 3 Литий 6,941	Be 4 Бериллий 9,01218	B 5 Бор 10,811	C 6 Углерод 12,011	N 7 Азот 14,0067	O 8 Кислород 15,9994	F 9 Фтор 18,998403	Ne 10 Неон 20,179		
3	3	Na 11 Натрий 22,98977	Mg 12 Магний 24,305	Al 13 Алюминий 26,98154	Si 14 Кремний 28,0855	P 15 Фосфор 30,97376	S 16 Сера 32,066	Cl 17 Хлор 35,453	Ar 18 Аргон 39,948		
4	4	K 19 Калий 39,0983	Ca 20 Кальций 40,078	21 Sc Скандий 44,9559	22 Ti Титан 47,88	23 V Ванадий 50,9415	24 Cr Хром 51,9961	25 Mn Марганец 54,9380	26 Fe Железо 55,847	27 Co Кобальт 58,9332	28 Ni Никель 58,69
	5	29 Cu Медь 63,546	30 Zn Цинк 65,39	Ga 31 Галлий 69,723	Ge 32 Германий 72,59	As 33 Мышьяк 74,9216	Se 34 Селен 78,96	Br 35 Бром 79,904	Kr 36 Криптон 83,80		
5	6	Rb 37 Рубидий 85,4678	Sr 38 Стронций 87,62	39 Y Иттрий 88,9059	40 Zr Цирконий 91,22	41 Nb Ниобий 92,9064	42 Mo Молибден 95,94	43 Tc Технеций [98]	44 Ru Рутений 101,07	45 Rh Родий 102,9055	46 Pd Палладий 106,42
	7	47 Ag Серебро 107,8682	48 Cd Кадмий 112,41	In 49 Индий 114,82	Sn 50 Олово 118,710	Sb 51 Сурьма 121,75	Te 52 Теллур 127,60	I 53 Иод 126,9045	Xe 54 Ксенон 131,29		
6	8	Cs 55 Цезий 132,9054	Ba 56 Барий 137,33	57 La–Lu 71 *	72 Hf Гафний 178,49	73 Ta Тантал 180,9479	74 W Вольфрам 183,85	75 Re Рений 186,207	76 Os Осмий 190,2	77 Ir Иридий 192,22	78 Pt Платина 195,08
	9	79 Au Золото 196,9665	80 Hg Ртуть 200,59	Tl 81 Таллий 204,383	Pb 82 Свинец 207,2	Bi 83 Висмут 208,9804	Po 84 Полоний [209]	At 85 Астат [210]	Rn 86 Радон [222]		
7	10	Fr 87 Франций [223]	Ra 88 Радий [226]	89 Ac–Lr 103 **	104 Rf Резерфордий [261]	105 Db Дубний [262]	106 Sg Сиборгий [266]	107 Bh Борий [267]	108 Hs Хассий [269]	109 Mt Мейтнерий [268]	110 Ds Дармштадтий [269]
	11	111 Rg Рентгений [281]	112 Cn Коперниций [285]	113 Nh Нихоний [286]	114 Fl Флёровий [289]	115 Mc Московий [288]	116 Lv Ливерморий [293]	117 Ts Тиннессин [294]	118 Og Оганесон [294]		
Высшие оксиды		R_2O	RO	R_2O_3	RO_2	R_2O_5	RO_3	R_2O_7	RO_4		
Летучие водородные соединения					RH_4	RH_3	RH_2	RH			

s-элементы
p-элементы
d-элементы
f-элементы

* лантаноиды	La 57 Лантан 138,9055	Ce 58 Церий 140,12	Pr 59 Празеодим 140,9077	Nd 60 Неодим 144,24	Pm 61 Прометий [145]	Sm 62 Самарий 150,36	Eu 63 Европий 151,96	Gd 64 Гадолиний 157,25	Tb 65 Тербий 158,9254	Dy 66 Диспрозий 162,50	Ho 67 Гольмий 164,9304	Er 68 Эрбий 167,26	Tm 69 Тулий 168,9342	Yb 70 Иттербий 173,04	Lu 71 Лютеций 174,967
** актиноиды	Ac 89 Актиний [227]	Th 90 Торий 232,0381	Pa 91 Протактиний [231]	U 92 Уран 238,0289	Np 93 Нептуний [237]	Pu 94 Плутоний [244]	Am 95 Америций [243]	Cm 96 Кюрий [247]	Bk 97 Берклий [247]	Cf 98 Калифорний [251]	Es 99 Эйнштейний [252]	Fm 100 Фермий [257]	Md 101 Менделевий [258]	No 102 Нобелий [259]	Lr 103 Лоуренсий [260]

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

s-элементы
p-элементы
d-элементы
f-элементы

Периоды	I A	II A	III B	IV B	V B	VI B	VII B	VIII B	VIII B	VIII B	I B	II B	III A	IV A	V A	VI A	VII A	VIII A
	1												13	14	15	16	17	18
1	1 1,00794 H Водород	2																2 4,002602 He Гелий
2	3 6,941 Li Литий	4 9,01218 Be Бериллий											5 10,811 B Бор	6 12,011 C Углерод	7 14,0067 N Азот	8 15,9994 O Кислород	9 18,998403 F Фтор	10 20,179 Ne Неон
3	11 22,98977 Na Натрий	12 24,305 Mg Магний	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 26,98154 Al Алюминий	14 28,0855 Si Кремний	15 30,97376 P Фосфор	16 32,066 S Сера	17 35,453 Cl Хлор	18 39,948 Ar Аргон
4	19 39,0983 K Калий	20 40,078 Ca Кальций	21 44,9559 Sc Скандий	22 47,88 Ti Титан	23 50,9415 V Ванадий	24 51,9961 Cr Хром	25 54,9380 Mn Марганец	26 55,847 Fe Железо	27 58,9332 Co Кобальт	28 58,69 Ni Никель	29 63,546 Cu Медь	30 65,39 Zn Цинк	31 69,723 Ga Галлий	32 72,59 Ge Германий	33 74,9216 As Мышьяк	34 78,96 Se Селен	35 79,904 Br Бром	36 83,80 Kr Криптон
5	37 85,4678 Rb Рубидий	38 87,62 Sr Стронций	39 88,9059 Y Иттрий	40 91,22 Zr Цирконий	41 92,9064 Nb Ниобий	42 95,94 Mo Молибден	43 [98] Tc Технеций	44 101,07 Ru Рутений	45 102,9055 Rh Родий	46 106,42 Pd Палладий	47 107,8682 Ag Серебро	48 112,41 Cd Кадмий	49 114,82 In Индий	50 118,710 Sn Олово	51 121,75 Sb Сурьма	52 127,60 Te Теллур	53 126,9045 I Иод	54 131,29 Xe Ксенон
6	55 132,9054 Cs Цезий	56 137,33 Ba Барий	57 138,9055 *La Лантан	72 178,49 Hf Гафний	73 180,9479 Ta Тантал	74 183,85 W Вольфрам	75 186,207 Re Рений	76 190,2 Os Осмий	77 192,22 Ir Иридий	78 195,08 Pt Платина	79 196,9665 Au Золото	80 200,59 Hg Ртуть	81 204,383 Tl Таллий	82 207,2 Pb Свинец	83 208,9804 Bi Висмут	84 [209] Po Полоний	85 [210] At Астат	86 [222] Rn Радон
7	87 [223] Fr Франций	88 [226] Ra Радий	89 [227] **Ac Актиний	104 [261] Rf Резерфордий	105 [262] Db Дубний	106 [266] Sg Сиборгий	107 [267] Bh Борий	108 [269] Hs Хассий	109 [268] Mt Мейтнерий	110 [269] Ds Дармштадтий	111 [281] Rg Рентгений	112 [285] Cn Коперниций	113 [286] Nh Нихоний	114 [289] Fl Флёровий	115 [288] Mc Московий	116 [293] Lv Ливерморий	117 [294] Ts Тиннессин	118 [294] Og Оганесон

* лантаноиды	58 140,12 Ce Церий	59 140,9077 Pr Празеодим	60 144,24 Nd Неодим	61 [145] Pm Прометий	62 150,36 Sm Самарий	63 151,96 Eu Европий	64 157,25 Gd Гадолиний	65 158,9254 Tb Тербий	66 162,50 Dy Диспрозий	67 164,9304 Ho Гольмий	68 167,26 Er Эрбий	69 168,9342 Tm Тулий	70 173,04 Yb Иттербий	71 174,967 Lu Лютеций
** актиноиды	90 232,0381 Th Торий	91 [231] Pa Протактиний	92 238,0289 U Уран	93 [237] Np Нептуний	94 [244] Pu Плутоний	95 [243] Am Америций	96 [247] Cm Кюрий	97 [247] Bk Берклий	98 [251] Cf Калифорний	99 [252] Es Эйнштейний	100 [257] Fm Фермий	101 [258] Md Менделевий	102 [259] No Нобелий	103 [260] Lr Лоуренсий